



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
**ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”**

**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**  
**MENCIÓN: GESTIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES**  
*Resolución: RPC-SE-01-No.016-2020*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER**

<b>Título del proyecto:</b>
RADIOENLACE EN BANDA LIBRE 5GHZ PARA PROVEER DE INTERNET A LAS CABAÑAS DE LAS LAGUNAS DE MOJANDA
<b>Línea de Investigación:</b>
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
Ingeniería, industria y construcción
<b>Autor/a:</b>
Molina Espinoza Francisco Danilo
<b>Tutor/a:</b>
Mg. Albarracín Guarochico Wilmer Fabian

**Quito – Ecuador**  
**2021-2022**

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Fabian Albarracín Guarochico con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: RADIOENLACE EN BANDA LIBRE 5GHZ PARA PROVEER DE INTERNET A LAS CABAÑAS DE LAS LAGUNAS DE MOJANDA.

Elaborado por: Francisco Danilo Molina Espinoza, de C.I: 1726108325, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención en Gestión de las Telecomunicaciones de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 10 de septiembre de 2022

---

**Firma**

## DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Francisco Danilo Molina Espinoza con C.I: 1726108325, autor/a del proyecto de titulación denominado: RADIOENLACE EN BANDA LIBRE 5GHZ PARA PROVEER DE INTERNET A LAS CABAÑAS DE LAS LAGUNAS DE MOJANDA. Previo a la obtención del título de Magister en Telecomunicaciones, mención en Gestión de las telecomunicaciones.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 10 de septiembre de 2022

---

**Firma**

## Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	4
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1 Contextualización general del estado del arte	5
1.2 Proceso investigativo metodológico	8
CAPÍTULO II: PROPUESTA	9
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	9
2.1.1 Radioenlace	9
2.1.2 Espectro radioeléctrico	9
2.1.2 Espectro en Banda libre	10
2.1.3 Enlace Punto a Punto	10
2.1.4 Zona de Fresnel	10
2.1.5 Ganancia	10
2.1.6 Perdidas en espacio libre	11
2.1.7 dBm	11
2.1.8 Antena	11
2.1.9 Presupuesto de enlace	11
2.2 Equipos Activos	12
2.2.1. Ubiquiti Power Bean 400	12
2.2.2 Ubiquiti airGrid	12
2.2.2 Poe	13
2.2.3 Router TP-LINK ARCHER C64 AC1200	14
2.3.1 Panel solar	15
2.3.2 batería 12V	15
2.3.3 Controlador de carga	15
2.4 Diseño del sistema de radioenlace	17
2.4.1 Coordenadas de los puntos	17

2.4.2 Cálculos teóricos	19
2.4.3 Primera zona de Fresnel	20
2.4.4 Presupuesto del enlace	21
2.5 Descripción de la propuesta	24
2.5.1 Sistema de energía solar	25
2.5.2 Presupuesto económico	27
2.6 Simulación de Enlace	27
2.7 Implementación del Radioenlace	31
2.7.1 Configuración de equipos	33
2.8 Estrategias y/o técnicas	38
2.1. Matriz de articulación de la propuesta	41
2.2. Análisis de resultados. Presentación y discusión.	42
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	47
ANEXO 1	47
ANEXO 2	49
ANEXO 3	51
ANEXO 4	52

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Coordenadas de los puntos para el enlace .....	19
<b>Tabla 2</b> Equipos activos .....	27
<b>Tabla 3</b> Materiales del sistema .....	27
<b>Tabla 4</b> matriz de articulación.....	41

## Índice de figuras

Figura. 1 Radioenlace punto a punto .....	7
Figura. 2 Rango de frecuencias acorde a servicio .....	9
Figura. 3 Representación gráfica de las zonas de Fresnel .....	10
Figura. 4 Antena Power Bean M5 .....	12
Figura. 5 Antena AirGrid de 25 dBi .....	13
Figura. 6 Poe con entrada de 110v y salida de 24V a 0.5 A .....	14
Figura. 7 Router Tp-Link para dar señal WiFi .....	14
Figura. 8 Panel solar 20v a 50W .....	15
Figura. 9 Baterías solitas tipo gel de 35Ah .....	15
Figura. 10 Controlador de carga de 10A.....	16
Figura. 11 Vista desde la terraza de la municipalidad hacia las lagunas de Mojanda	17
Figura. 12 Vista desde Google maps del cerro negro y lagunas de Mojanda.....	17
Figura. 13 Vista desde el cerro negro hacia Tabacundo .....	18
Figura. 14 Vista desde el cerro negro hacia las cabañas del Mojanda.....	18
Figura. 15 Complejo de Cabañas del Mojanda.....	19
Figura. 16 Zona de Fresnel .....	20
Figura. 17 Flujograma del sistema de comunicación.....	25
Figura. 18 Esquema del sistema de energía solar .....	26
Figura. 19 Enlace de 9.1km .....	28
Figura. 20 Enlace de 1.6km .....	28
Figura. 21 Datos de la simulación .....	29
Figura. 22 Datos de la simulación del enlace de 9.1 km .....	29
Figura. 23 Esquema de las antenas en el rebote.....	30
Figura. 24 Datos del enlace de 1.6km.....	31
Figura. 25 Perforación para fundir bases .....	31
Figura. 26 Fundición de base de la torre.....	32
Figura. 27 Colocación de equipos.....	32
Figura. 28 Torre totalmente armada .....	33
Figura. 29 Colocación de sistema fotovoltaico en las cabañas.....	33
Figura. 30 Cambios en la tarjeta de red .....	34
Figura. 31 Búsqueda de la interfaz en el navegador.....	34
Figura. 32 Cambio de credenciales de inicio .....	35
Figura. 33 Ajuste de parámetros en el equipo .....	35
Figura. 34 Asignación de IP en el equipo.....	36
Figura. 35 Carga de configuraciones al equipo .....	36
Figura. 36 Interfaz del Router.....	37
Figura. 37 Configuración de red Wi-Fi .....	37
Figura. 38 Realización de pruebas de salida a internet.....	38
Figura. 39 Esquema de la red.....	42

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

En los últimos años, internet se ha podido interconectar al planeta Tierra de una forma mucho más rápida. Hoy en día se puede hacer teletrabajo, telemedicina, compras en línea, llamadas y videollamadas, teleeducación, videovigilancia y muchas cosas más sin la necesidad de salir de casa. Cada día se implementan nuevas redes de internet de última milla que permitan conectar todas las zonas rurales del país y el mundo entero. Las tecnologías más utilizadas en las zonas rurales son: las microondas en banda libre de 2.4 GHz y 5 GHz. Este rango de frecuencias está autorizado en el Ecuador para transmitir servicios de internet mediante espectro radioeléctrico de forma libre.

En la provincia de Pichincha se encuentra el cantón Pedro Moncayo, ubicado al nororiente de la ciudad de Quito, con una población aproximada de 40000 habitantes. Está conformado por cuatro parroquias rurales; Malchingui, Tocachi, La Esperanza, Tupigachi y una parroquia urbana Tabacundo su cabecera cantonal. Este majestuoso cantón cuenta con varios sitios turísticos como son: el bosque seco Jerusalén, el parque arqueológico Cochasquí y sobre todo las Lagunas de Mojanda que se encuentran ubicadas a 22 km de la ciudad de Tabacundo. El parque Lagunas de Mojanda cuenta con grandes extensiones de páramo, los cerros Negro y Fuya Fuya. Dentro del cráter de dichos cerros existen cuatro lagunas. En la cual existe un complejo de cabañas que recibe a turistas nacionales y extranjeros que visita esta reserva ecológica todos los días. (GAD Pedro Moncayo, 2021)

El complejo turístico del parque lacustre Mojanda se encuentra administrado por el GAD de Pedro Moncayo. Su máxima autoridad es su alcalde. El señor Virgilio Andrango y su departamento de turismo está liderado por la Ing. Lizeth Cabascango. El departamento de TIC's a cargo del Ing. William Cualchi. El departamento de desarrollo económico y social administrado por el Lic. Edison Cabascango. Además, cuentan con cuatro personas que son los guardabosques de esta zona protegida del cantón. Las cabañas que se encuentran ubicadas en la laguna más grande cuentan con áreas verdes, zona de camping, cafetería, habitaciones, baños, parqueadero y oficinas de administración, la cual requiere un sistema de comunicación, debido a su ubicación geográfica en el lugar no

existe cobertura de telefonía móvil, radio, televisión e internet. (GAD Pedro Moncayo, 2021).

El gobierno autónomo descentralizado del cantón Pedro Moncayo es una institución pública encargada de administrar y gestionar los recursos para el desarrollo económico, social, vial, cultural y turístico. En beneficio de todos los ciudadanos, articulando proyectos que beneficien a todos los ciudadanos, mejorando la calidad de vida, así también los servicios que se ofrecen en toda la localidad.

### **Problema de investigación**

Actualmente las cabañas del complejo turístico Mojanda no cuentan “con un sistema de comunicación que les permita gestionar y administrar de mejor manera el área protegida, su ubicación geográfica dificulta el acceso rápido vehicular”, así como todo tipo de comunicación electrónico existente, es decir no existe cobertura de telefonía móvil, radio, televisión e internet, adicional a esto no existe suministro eléctrico que permita el funcionamiento de un sistema de comunicación.(GAD Pedro Moncayo,2021)

Este problema se ha visto agravado en la localidad, se ha dado casos de inseguridad, incendios forestales, turistas de extraviados, vehículos atrapados, que debido al problema de comunicación no han podido ser alertados de manera rápida y eficiente a las autoridades competentes, para poder gestionar las acciones pertinentes.

Los incidentes suscitados por la falta de un medio comunicación que existe entre los guardabosques y las autoridades competentes, generando una experiencia desagradable a los turistas que visitan el complejo lacustre, Reduciendo la cantidad de visitantes que llegan día a día a las lagunas. Los incendios forestales perjudican a la flora y fauna de toda el área protegida, dando como resultado un impacto negativo a la naturaleza y la reserva hídrica que alimenta los caudales de agua que utiliza el cantón Pedro Moncayo para su población.

Con la llegada del verano los riesgos de incendios forestales se incrementan en el parque lacustre, debido a la sequía la vegetación, la llegada de mayor cantidad de turistas y las altas temperaturas, puede ser un potencial combustible para que se produzcan conatos de incendio, por lo que los guardabosques necesitan tener una comunicación

efectiva con las instituciones de emergencia para poder sofocar cualquier tipo de emergencia suscitada en el parque Mojanda.

“Por lo antes expuesto surge la necesidad de implementar un radio enlace en banda libre de 5GHz para proveer de internet”, alimentado por energía solar. Conectando la municipalidad del GAD Pedro Moncayo con la oficina de administración del parque lacustre Mojada, reduciendo el tiempo de comunicación que existe, además esto reduce el uso de combustibles fósiles que se utilizan para la movilización vehicular de los guardabosques para poder alertar de cualquier problema suscitado dentro de las Lagunas de Mojanda. Mejorando la seguridad para los turistas y personas que permanecen dentro de la reserva. así también mejorando el funcionamiento de los sistemas de monitoreo existentes en dicho lugar.

### **Objetivo general**

Implementar un radioenlace en banda libre 5GHz para proveer de internet a las cabañas del complejo turístico del parque Lacustre Mojanda.

### **Objetivos específicos**

- Contextualizar los fundamentos teóricos sobre un radioenlace en banda libre de 5GHz.
- Determinar los elementos y equipos necesarios para un radioenlace en banda libre alimentado por energía solar.
- Diseñar el enlace en banda libre alimentado por energía solar.
- Simular el funcionamiento del radioenlace utilizando herramientas de software.
- Implementar el radioenlace desde la municipalidad del Cantón Pedro Moncayo hacia las cabañas del Parque Lacustre Mojanda.
- Validar el funcionamiento del radioenlace mediante pruebas de funcionamiento.

### **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:**

El Presente trabajo representa un aporte social ya que beneficia directamente a todos los visitantes de las lagunas de Mojanda, en especial a los guardabosques que pueden comunicarse de manera mucho más eficiente y rápida, con la municipalidad e instituciones de primeros auxilios y socorro. Permite mejorar la administración y gestión por parte del municipio, pudiendo implementar un sistema de registro que permita contabilizar la cantidad de turistas que ingresan día a día a las instalaciones, así como también permite monitorear de mejor manera el área protegida perteneciente al cantón Pedro Moncayo.

Al contar con internet dentro de las instalaciones de las lagunas de Mojanda se puede, tener más información sobre climatología, lo que permite poder tener un mejor monitoreo sobre la situación climática del sector, así también esto ayuda a que los turistas que visiten el sector puedan comunicarse con sus familiares y tener contacto con el mundo cuando se encuentren dentro en las instalaciones del parque lacustre.

Al poder comunicar de manera eficiente sobre turistas extraviados, o problemas suscitados dentro de las instalaciones, Se garantiza mayor seguridad al permanecer en el lugar, ya que en las instalaciones del parque Mojanda acampan muchos turistas los fines de semana, que se quedan incomunicados durante este tiempo en el lugar.

# **CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

## **1.1 Contextualización general del estado del arte**

“En la parroquia rural de San Blas, en la provincia de Imbabura, UMACUX, una marca de aplicaciones móviles co-fundada por el Ing. Ramiro Valencia, completó recientemente un proyecto digital inclusivo llamado "Red Comunitaria Educativa", que tiene como objetivo integrar la tecnología social, la educación hoy es para todos, incluidas las áreas rurales donde la educación virtual no está disponible para los residentes debido a la crisis de salud. El proyecto incluye la construcción de una red inalámbrica con antenas gratuitas en la banda de 5,8 GHz y la implementación de un servidor de contenido puramente educativo para los estudiantes de esta parroquia rural.” (UMACUX, 2021)

En el Estado de Guaraquiza, en la provincia de Santiago Morona, también se llevó a cabo la investigación e implementación de un radioenlace utilizando tecnología Mikrotik (Suqui Carchipulla, 2010) para brindar acceso a Internet de banda ancha a los habitantes del sector a través del ISP JSYSTEMS. El proyecto Desarrollado por Klever Suqui, ingeniero de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca. Se basa en el diseño, comenzando con la configuración del dispositivo a través de interfaces o software propietario, con parámetros, topologías y sistemas simulados y analizados antes de la implementación. En este proyecto, el marco legal, que entró en vigor en 2010, no ha cambiado mucho en cuanto a las licencias para la venta de servicios de Internet. “Se realizaron cálculos respectivos al presupuesto del enlace, considerando antenas parabólicas y sus ganancias, materiales para la implementación, radios y potencias de transmisión. Lo esencial de este proyecto a más de establecer enlaces de distancias considerables fue que muestra que la transmisión de cualquier clase de información puede realizarse de manera flexible y muy segura sin la utilización de un medio guiado, dando como resultado una implementación menos costosa que una red cableada, es decir, este proyecto concluye que la instalación de una red mediante radioenlaces resulta sencilla y económica”. Alvarado Cáceres, L. R. (2021)

Si bien en Colombia el servicio aún no ha llegado a algunos municipios remotos y de difícil acceso, se utilizarán equipos de alta calidad para transmitir una conexión a Internet confiable y efectiva. La intención es cumplir con los requisitos de población y capacidad de Internet tanto para las ciudades más remotas como para las más grandes. Esto tiene

como objetivo ayudar a complementar o aumentar la capacidad si aumenta la demanda en la red. El Ministerio TIC regula la banda de 5 GHz para realizar transmisiones punto a punto. El objetivo principal de este proyecto era crear un enlace de radio punto a punto en el área urbana de La Gabarra en la región del Catatumbo-Norte de Santander. Los radioenlaces operarán en una frecuencia de 5 GHz y serán gratuitos. (Rincón, 2020)

Ángel J. C. S. - Piura (2019), desarrolló la tesis titulada “Diseño de red de radioenlaces vía microondas para acceso al servicio de internet a los pueblos más alejados del distrito de Tambo Grande”, de la Universidad Nacional de Piura. Tuvo como objetivo “Realizar un estudio de campo y de gabinete en el diseño de la red de radioenlaces microondas para dar cobertura con el servicio de internet a los pueblos más alejados del distrito de Tambo Grande”.

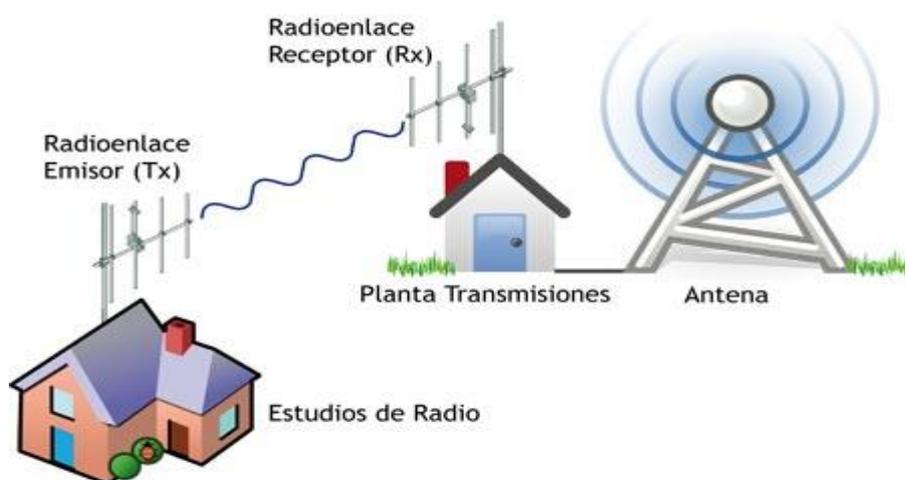
“En la parroquia Boyacá del cantón Chone se realizaron los estudios correspondientes para brindar el acceso a internet mediante dos radioenlaces gestionados con tecnología Wireless LAN Controller” (Ortiz Rodríguez, 2019), El estudio, que permitirá a los usuarios locales navegar por Internet de forma gratuita, es un proyecto de investigación del ingeniero Emiliano Ortiz de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López". El proyecto tuvo en cuenta la ubicación geográfica de la industria, que era el principal problema para evitar que las nuevas tecnologías llegaran a estas comunidades, por lo que la solución fue introducir la tecnología WLAN, que al implementarse podría alcanzar 200 metros de extremo a extremo. cobertura usuarios También se cree que actualmente es económicamente viable desplegar redes inalámbricas de las mismas características en áreas rurales y urbanas para brindar servicios de Internet. Por lo general, a través de un enlace punto a punto, podemos conectarnos a Internet donde el proveedor de servicios no brinda este servicio, y este proyecto, además de usar dicho enlace para el servicio, también apunta a dispositivos WLC para garantizar que no los datos son interceptados o descifrados, así en términos de seguridad, la red hace que el sistema que controla el tráfico sea menos vulnerable. Usamos herramientas como Radio Mobile y Google Earth para desarrollar este proyecto, las mismas herramientas que usamos para construir nuestra red comunitaria. Este proyecto también utiliza la banda de frecuencia de 5 GHz, que es una opción más económica en comparación con otras tecnologías como la fibra óptica o los sistemas VSAT, para lo cual se estudian y analizan la línea de vista, la zona de Fresnel, la geolocalización y los enlaces de factibilidad. . De esta forma, la investigación del proyecto ha planteado con éxito la creación de un sistema

que permitirá transferir grandes cantidades de información de forma económicamente ventajosa.

Concha S. M. – Villa el Salvador (2017), desarrolló la tesis titulada “Diseño e implementación de enlaces microondas y un nodo como solución a un problema de línea de vista para la planta agroindustrial de Jjayanca, provincia de Chiclayo”, de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Tuvo como objetivo Mantener activo el actual servicio de internet dedicado mediante la correcta ubicación de antenas ante el cambio en la infraestructura de la red física, y que supere el obstáculo de línea de vista.

Según Collantes (2016) “la radiocomunicación se puede definir como la telecomunicación realizada por medio ondas radioeléctricas que se propagan por el canal radio”. Además, indica que “las ondas radioeléctricas se definen como las ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial y cuyo límite superior de frecuencia se fija, convencionalmente en 3,000 GHz. Se define como radioenlace a cualquier interconexión entre dos terminales de telecomunicación efectuada por ondas radioeléctricas, conocidas como señales de radio (RF)”.

“Los radioenlaces utilizan el modo de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas cuyas frecuencias: una para la transmisión y otra para la recepción de ambas señales, se les conocen como radio canal. Los enlaces RF generalmente utilizan la propagación con visibilidad entre los puntos de comunicación conocidas con propagación con línea directa o de vista” (line on sight: LOS).



*Figura. 1 Radioenlace punto a punto*

Según Gonzales (2019) manifiesta que “cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento, es necesario que los recorridos entre enlaces alcancen una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año. Se deben tomar en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región” (p.35).

## **1.2 Proceso investigativo metodológico**

Se desarrolla en un punto de vista documental con carácter experimental permitiendo encontrar información necesaria para poder desarrollar. Un sistema de radioenlace en banda libre, alimentado por energía solar que permita la interconexión a larga distancia, basada en equipos homologados para 5GHz.

Con el propósito de mejorar la gestión y comunicación entre las lagunas de Mojanda y la municipalidad de Pedro Moncayo, se debe utilizar métodos cuantitativos que permitan determinar las variables fundamentales de un radio enlace y su impacto en la sociedad.

Las herramientas que permitan medir las necesidades y los resultados de esta investigación y propuesta de trabajo será la encuesta de satisfacción en la que se pueda conocer los resultados de las bondades de poder contar con un acceso a internet dentro de las cabañas de las lagunas de Mojanda, con el fin de garantizar una comunicación eficiente durante las 24 horas del día.

el universo población y muestra dentro de esta investigación será considerado como universo todos los turistas y administrativos que visita el complejo turístico como anda, siendo en la población el departamento de turismo y sus colaboradores, determinando la muestra a los guardabosques que permanecen en las cabañas del Mojanda.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

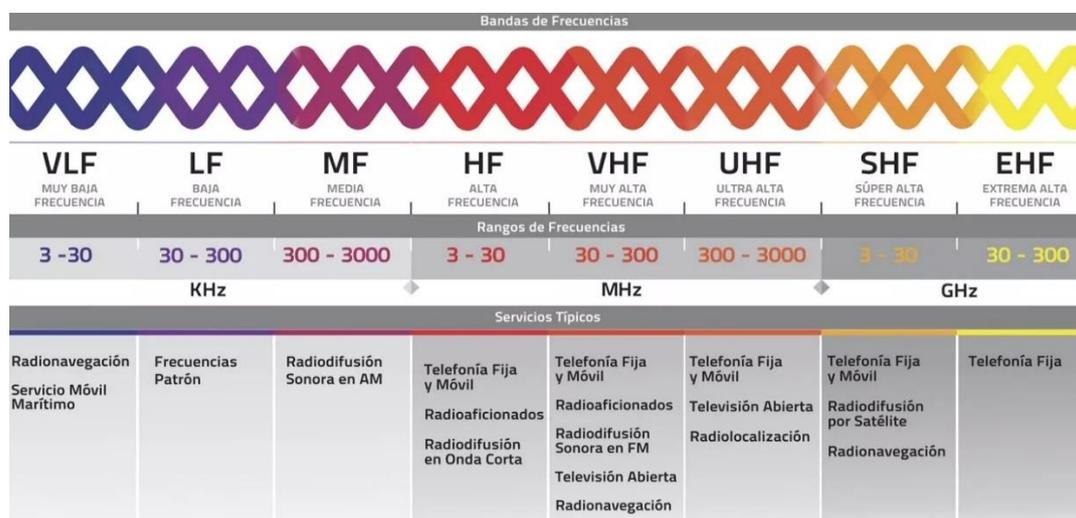
### 2.1 Fundamentos teóricos aplicados

#### 2.1.1 Radioenlace

Un radioenlace es un sistema de comunicación electrónico que utiliza ondas electromagnéticas para la transmisión de información a largas distancias, utilizando frecuencias en banda libre, y de baja potencia las cuales tienen un gran ancho de banda para transmitir grandes cantidades de información y prestar servicios como internet. su implementación es de bajo costo, permitiendo ser implementados en zonas rurales con la finalidad de prestar conectividad de última milla a todos los rincones del país. Galeano Villa, J. L. (2012)

#### 2.1.2 Espectro radioeléctrico

“El espectro de radiofrecuencias es un recurso limitado administrado por el estado ecuatoriano. En Ecuador, el ente regulador es ARCOTEL. Consiste en un conjunto de frecuencias agrupadas en "bandas" que pueden ser utilizadas por un mismo concesionario de telecomunicaciones para prestar servicios de comunicaciones inalámbricas, radiodifusión de voz y televisión (AM, FM, TV), Internet, servicios de telefonía fija y móvil, los cuales son prestados por el proveedor de servicios o licenciatarario; o titulares de licencias para operar sistemas relacionados con la seguridad, defensa, situaciones de emergencia, transporte e investigación científica, así como aplicaciones industriales y domésticas - sistemas de radionavegación marinos y aeronáuticos, sistemas de seguridad (aeropuertos, señalización, radiolocalización, vigilancia, etc.” (ARCOTEL, 2019)



*Figura. 2 Rango de frecuencias acorde a servicio*

### 2.1.2 Espectro en Banda libre

“Son aquellas bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas por el público en general sin necesidad de la obtención de un título habilitante, con sujeción a las condiciones establecidas en la presente norma técnica. Espectro para uso determinado en bandas libres, en adelante “. En el Ecuador está autorizada la banda de dos 2.4 GHz y la de 5GHz, para prestación de servicios como internet. (ARCOTEL, 2019)

### 2.1.3 Enlace Punto a Punto

Un enlace punto a punto le permite conectar 2 redes remotas como una a través de un canal de comunicación inalámbrico. Estas conexiones son posibles en distancias de 500 metros o menos hasta una distancia máxima de aproximadamente 80 kilómetros. Estos enlaces pueden tener las siguientes finalidades: Redes de comunicaciones, Internet, video y telefonía IP para empresas, sucursales, propiedades rurales, estancias o establecimientos ubicados en zonas remotas donde no se cuenta con el servicio de Internet. Conectar dos ubicaciones en una red o extender una red de una ubicación a otra, proporcionando uso compartido de archivos, impresión en red, uso compartido de Internet, servicios de red, aplicaciones, intranet, etc. (Galeano Villa, J. L. 2012)

### 2.1.4 Zona de Fresnel

Esto implica determinar cuánto espacio debe quedar libre entre el transmisor y el receptor para evitar en lo posible esta cancelación de fase. Podemos pensar en una zona de Fresnel como varias elipses en 3D. Todos tienen la misma distancia entre las antenas ( $d$  en la figura), pero cada antena tiene un radio creciente desde el centro ( $r$  en la figura):

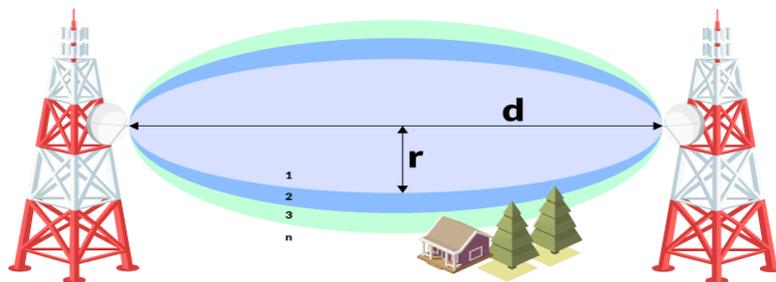


Figura. 3 Representación gráfica de las zonas de Fresnel

### 21.5 Ganancia

La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena.

### **2.1.6 Perdidas en espacio libre**

En telecomunicaciones, la pérdida de espacio libre es la pérdida de propagación ideal de una señal en un espacio con solo dos antenas de transmisión y recepción. Este fenómeno depende únicamente de la distancia recorrida en el vacío del espacio, por ejemplo, entre dos satélites, pero está influido por otros factores atmosféricos. Es uno de los parámetros de la ecuación del radar. (Galeano Villa, J. L. 2012)

### **2.1.7 dBm**

dBm (a veces también llamado dBmW o decibelio-milivatio) es una medida de relación o relación de potencia expresada en decibelios (dB) por milivatio (mW). Se utiliza como un conveniente medidor de potencia absoluta en redes de radio, microondas y fibra óptica debido a su capacidad para expresar valores muy grandes y pequeños en forma abreviada. Esto difiere de dBW, que se refiere a un vatio (1000 mW).

### **2.1.8 Antena**

Básicamente, una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas, mientras que una guía de ondas es un tubo metálico que conduce energía electromagnética de alta frecuencia, generalmente propagada entre la antena y el transmisor, receptor o ambos. La antena actúa como interfaz entre el transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. Las guías de ondas y las líneas de transmisión se utilizan únicamente para conectar eficazmente la antena al transceptor. Una antena conecta la salida de energía de un transmisor a la atmósfera terrestre o de la atmósfera terrestre a un receptor. La antena es un dispositivo mutuo pasivo; pasivo porque en realidad no amplifica la señal, al menos no en el verdadero sentido de la palabra (la antena aún puede tener amplificación), y la reciprocidad es que las características de transmisión y recepción son las mismas excepto por la alimentación de la señal. antena. Los elementos eléctricos se limitan a modificaciones de transporte.

### **2.1.9 Presupuesto de enlace**

Se calcula un presupuesto de energía para una conexión punto a punto. Ganancias y pérdidas de transmisores de radio (fuentes de señales de radio), a través de cables, conectores y distancias a los receptores. Estos cálculos de valores de potencia para diferentes partes del enlace de radio son necesarios para un diseño óptimo y selección de equipos adecuados.

## 2.2 Equipos Activos

### 2.2.1. Ubiquiti Power Bean 400

“El Ubiquiti PowerBeam M PBE-M5-400 con diseño compacto todo en uno y ancho de haz uniforme, eficiente y un procesador más rápido. Este equipo incorpora un sistema de sujeción a los 3 ejes (X, Y, Z) para permitir una mayor precisión en los enlaces Wi-Fi de larga distancia. La antena y el rendimiento de este equipo han sido mejoradas para proporcionar un mayor rendimiento”. (Salguero Reinoso, D. O. 2015)

Soporta hasta más de 150 Mb/s real de TCP / IP rendimiento. Dirige la energía de RF en una anchura de haz más fuerte. Poniendo el foco en una dirección, los bloques PowerBeam o espacialmente filtra el ruido, es por esto que se mejora la inmunidad al ruido.

Características:

Modelo: PBE-M5-400

Procesador Atheros MIPS 74KC, 560MHz

Memoria 64MB DDR2, 8MB Flash

Ancho de Banda: 300Mbps

Antena MIMO parabólica con 25dBi de ganancia



*Figura. 4 Antena Power Bean M5*

### 2.2.2 Ubiquiti airGrid

La tecnología InnerFeed de la nueva serie M de AirGrid representa la evolución de los equipos inalámbricos para exterior. La perfecta integración de la antena con el sistema radio hace de AirGrid una solución revolucionaria para la industria de banda ancha, con una excelente relación coste/rendimiento. (Salguero Reinoso, D. O. 2015)

La antena puede ser colocada con polarización horizontal o vertical. Diseño totalmente resistente a la intemperie. Dispone de indicadores Led de actividad y nivel de la señal para facilitar su orientación. El sistema de radiofrecuencia mejorado y la protección contra sobre tensión permiten su funcionamiento en los entornos más hostiles.

Más de 100+Mbps reales de rendimiento en exterior y un alcance de hasta 30km. La nueva gama de productos AirGrid utiliza la revolucionaria tecnología de Ubiquity AirMax™ y el protocolo TDMA, que permite la escalabilidad y un rendimiento PtMP carrier-class. La aplicación AirControl™ permite controlar de manera centralizada hasta 100 dispositivos.

Características:

Procesador Atheros MIPS 24KC, 400MHz

Memoria 32MB SDRAM, 8MB Flash

Interface de Red 1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet

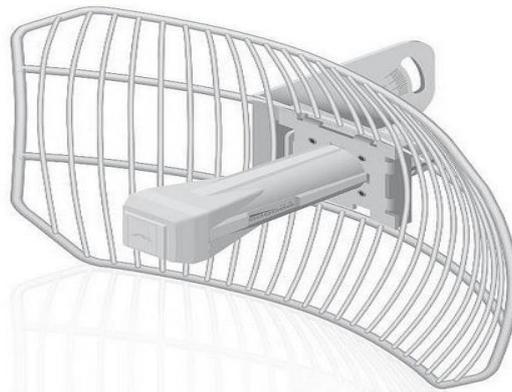
REGULACIÓN / CERTIFICACIONES

Aprobaciones Wireless FCC Part 15.247, IC RS210, CE

Conformidad RoHS

FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO

5475MHz-5825MHz



*Figura. 5 Antena AirGrid de 25 dBi*

### **2.2.2 Poe**

Es un sistema de alimentación que permite generar energía apta para el funcionamiento de la antena a 24 voltios y una corriente de 0,5 amperios con una potencia de 4 w, este sistema de alimentación permite conducir energía mediante el puerto ethernet largas distancias sin tener pérdidas además de compartir los cables con la transmisión de Tx yRx.



*Figura. 6 Poe con entrada de 110v y salida de 24V a 0.5 A*

### **2.2.3 Router TP-LINK ARCHER C64 AC1200**

Basado en el estándar 802.11ac Wave2 WiFi : 867 Mbps en la banda de 5 GHz y 400 Mbps en la banda de 2,4 GHz. Cobertura WiFi mejorada : 4 antenas externas proporcionan conexiones inalámbricas estables y una cobertura óptima.

MU-MIMO: administración de red fácil al alcance de su mano con TP-Link TetherMU-MIMO logra una eficiencia 2X al comunicarse con hasta 2 dispositivos a la vez.

Beamforming: la tecnología Beamforming ofrece una conexión inalámbrica altamente eficiente.

Modo AP: admite el modo de punto de acceso para crear un nuevo punto de acceso WiFi

Conexión inteligente: Smart Connect dirige a los clientes a la banda menos congestionada y Airtime Fairness optimiza el uso del tiempo

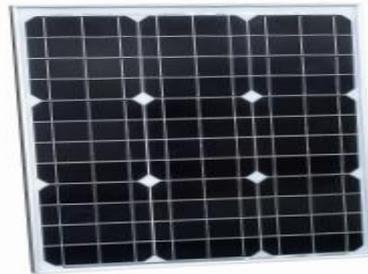
Fácil configuración: administración de red fácil al alcance.



*Figura. 7 Router Tp-Link para dar señal WiFi*

### 2.3.1 Panel solar

Un panel solar es un dispositivo que utiliza la luz solar para generar calor o electricidad. En base a estos dos propósitos, podemos distinguir entre los colectores solares, que utilizan la energía solar térmica para producir agua caliente (normalmente para uso doméstico), y los paneles solares, que generan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre los paneles solares. Un colector solar térmico, o colector solar, contiene un líquido que absorbe la radiación solar en forma de calor, que luego ingresa a una cámara de almacenamiento de calor. El panel está formado por una placa receptora y unos conductos por los que circula el líquido. El líquido caliente pasa a través de un intercambiador de calor, donde libera calor, calentando el agua para su uso posterior en el hogar. Cuando sale del intercambiador de calor, el fluido está frío y luego vuelve a circular al colector. (Salguero Reinoso, D. O. 2015)



*Figura. 8 Panel solar 20v a 50W*

### 2.3.2 batería 12V

Una batería AGM es una batería sellada en la que el electrolito se absorbe en un separador de fibra de vidrio (material de vidrio absorbente). Contiene ácido sulfúrico líquido, pero está impregnado en las fibras de vidrio del separador.



*Figura. 9 Baterías solitas tipo gel de 35Ah*

### 2.3.3 Controlador de carga

Un controlador de carga es un elemento electrónico activo que permite administrar la corriente de entrada, almacenamiento y salida de un sistema de carga de energía solar

permite configurar su entrada almacenamiento y salida de corriente, así como limita las pérdidas de energía eléctrica debido a la variación de luminosidad solar.

Características:

- . Incorporado microcontrolador industrial.
- . Configuración de una sola tecla, pantalla LCD, función de memoria automática.
- . Totalmente gestión de carga PWM de 3 etapas.
- . Protecciones de cortocircuito incorporadas, protecciones de circuito abierto, protecciones inversas, protecciones de sobrecarga.
- . Protecciones de la corriente inversa del dual MOS, producciones del bajo calor.

Parámetros:

- . Voltaje clasificado: 12V 24V Auto
- . Corriente: 20A
- . Voltaje de la salida del USB: 5V/3A
- . Temperatura de funcionamiento: -35~+60
- . Con el temporizador y el sensor ligero, podría trabajar para el sistema ligero solar.



*Figura. 10 Controlador de carga de 10A*

## 2.4 Diseño del sistema de radioenlace

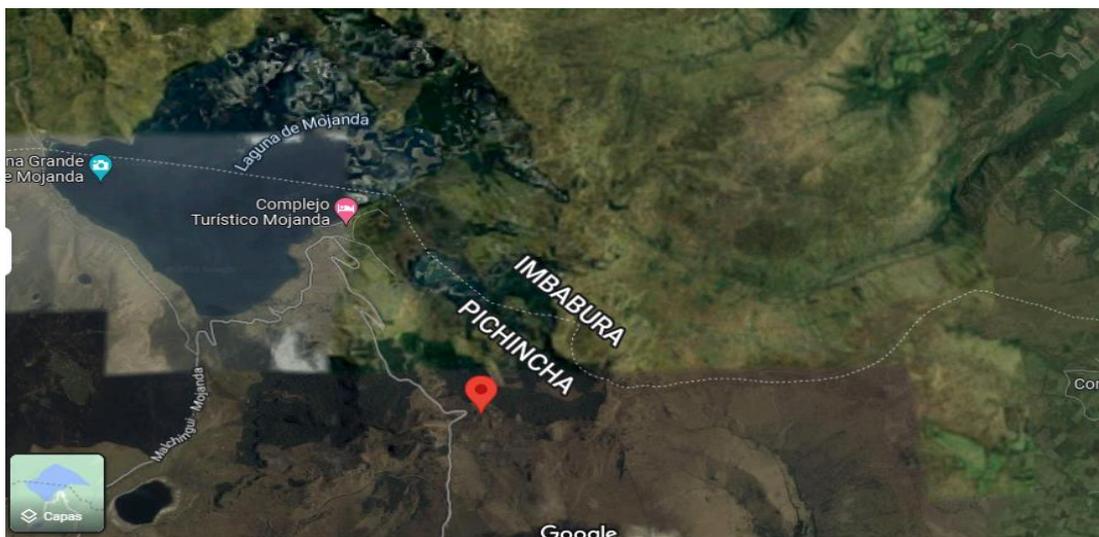
### 2.4.1 Coordenadas de los puntos

En la siguiente imagen se puede observar el edificio de la municipalidad de Pedro Moncayo ubicado en la ciudad de Tabacundo su cabecera cantonal, en este edificio en su terraza se coloca la antena en la torre de comunicación existente en el hogar. A una altura de 12 m Se coloca la antena de transmisión Tx con dirección hacia el cerro negro las lagunas de Mojanda.



*Figura. 11 Vista desde la terraza de la municipalidad hacia las lagunas de Mojanda*

En la siguiente figura se muestra una topografía aérea de Google Maps en la que se visualiza el punto de coordenadas del cerro negro donde estará colocado el rebote de transmisión del enlace de internet.



*Figura. 12 Vista desde Google maps del cerro negro y lagunas de Mojanda*

En la siguiente imagen se muestra una vista desde el cerro negro hacia la ciudad de Tabacundo, con una distancia de 9.1 km entre el edificio de la municipalidad y la cima de la montaña, en esta montaña se colocará una mini torre que permita recibir la señal

transmitida desde el municipio, para luego re apuntar la señal hacia las cabañas del mojando estas antenas están alimentadas por un sistema fotovoltaico.



*Figura. 13 Vista desde el cerro negro hacia Tabacundo*

En la siguiente imagen se muestra la vista desde el cerro negro hacia las cabañas de las lagunas de Mojanda. se puede detallar que en esta disposición se colocará una antena de retransmisión de la señal recibida desde la municipalidad, al no existir una línea de vista directa se requiere de este tipo de disposición de antenas.



*Figura. 14 Vista desde el cerro negro hacia las cabañas del Mojanda*

En la siguiente fotografía se muestra el punto de recepción final del enlace de internet que comunicará las cabañas de las lagunas de Mojanda con la municipalidad de Pedro Moncayo.



*Figura. 15 Complejo de Cabañas del Mojanda*

En la siguiente tabla se detalla las coordenadas de los puntos, en los que se colocarán las antenas de transmisión rebote y recepción para llegar con el enlace de internet hacia su destino final.

***Tabla 1 Coordenadas de los puntos para el enlace***

Enlace GAD Pedro Moncayo				
lugar	Edificio GAD Tx	Cerro Negro Rx	Cerro Negro Tx	Cabañas Lagunas de Mojanda Rx
Latitud	0°02'51.6"N	0°07'16.3"N	0°07'16.3"N	0°08'01.8"N
Longitud	78°13'17.4"W	78°15'11.8"W	78°15'11.8"W	78°15'39.4"W

#### **2.4.2 Cálculos teóricos**

Los cálculos del proyecto correspondiente deben mencionar que en áreas forestales con clima ecuatorial, es preferible operar con una frecuencia central de 5270 MHz y un ancho de canal de 20 MHz, y el uso de dos CPE, teniendo en cuenta la E.I.P.R. máxima. cuando se opera en las frecuencias anteriores, la transmisión y la recepción no deben exceder los 1000 mW con una potencia de transmisión máxima de 25 dBm y una antena de 23 dBi. A continuación, se muestran los cálculos para la viabilidad del enlace.

### 2.4.3 Primera zona de Fresnel

En un enlace de radio, debe intentar tener libre al menos el 60% de la primera zona de Fresnel para que funcione satisfactoriamente entre dos puntos. En un caso real, se observó un árbol que sobresalía de la vegetación entre los caminos de visión de la antena a una distancia de 60 metros de la antena transmisora, y para saber su altura máxima se realizaron los siguientes cálculos: ese árbol y otros árboles para no para dañar la operación de enlace de radio. La siguiente imagen muestra un gráfico del terreno ideal para ayudarnos a calcular aproximadamente la altura del árbol.



Figura. 16 Zona de Fresnel

$$R = 17.31 * \sqrt{\frac{d1 * d2}{f * (d1 + d2)}}$$

En donde:

“R: Radio del área de Fresnel en metros

17,31: Número constante

d1: Distancia entre la antena de transmisión y el obstáculo en metros

d2: Distancia del obstáculo a la antena de recepción en metros

f: Frecuencia de funcionamiento de la señal en Megahertz”

$$R = 17.31 * \sqrt{\frac{100m * 9000m}{5200MHz * (100m + 9000m)}} = 2.387m$$

“Para que el enlace sea viable debe de tener despejada la primera zona de Fresnel (F1) en un 60% como regla general, por lo tanto, F1 = 0,6 R:”

$$F1 = 2.387m * 0.6 = 1.432m$$

“Por lo que, la altura máxima que debe tener el árbol es “h” menos el valor del 60% del radio de la primera zona de Fresnel para que se establezca el enlace.

$$ha = h - 0.6F1$$

$$ha = 15m - 1.432m = 13.568$$

Se concluye que la altura máxima de este árbol y otros obstáculos no debería ser mayor a 13 metros y 50centímetros como máximo para que no afecte al radio enlace”.

#### **2.4.4 Presupuesto del enlace**

A continuación, se muestra la fórmula para calcular la potencia de la señal recibida en la antena receptora.

$$PRX = PTX - AbTX - AITX + GTX - LS + GRX - AlRx - AbRX$$

En donde:

“PRX: Potencia de la señal recibida en el receptor

PTX: Potencia entregada por el transmisor

AbTX = AbRX: Atenuación por Branching

ALTx = ALRX: Atenuación en el cable de bajada

GTX = GRX: Ganancia de la antena

Ls: Pérdidas por trayectoria en el espacio libre

Ur: Potencia umbral o sensibilidad del equipo receptor

Mu: Margen umbral”

#### **Pérdidas en espacio libre**

$$LS = 32,4 + 20 \log(f) + 20\log (D)$$

En donde:

“f: Frecuencia de trabajo en Megahertz

D: distancia total del enlace en kilómetros”

$$LS = 32,4 + 20 \log(5270\text{MHz}) + 20 \log(10,7\text{Km})$$

$$LS = 127,42\text{dB}$$

### **Pérdidas de inserción (conectores)**

Los equipos Ubiquiti incurren en menos de 1 dB de pérdidas por conectores.

$$AbTX = AbRX = 1 \text{ dB}$$

### **Atenuación en el cable de bajada**

“Se considera por temas de cálculos pérdidas en el cable de red FTP cuya distancia entre

el router y la interfaz RJ45 tanto en el punto de transmisión como en el sitio de recepción son iguales a 15 m, y el cable FTP considera pérdidas de 8,4 dB por cada 10 metros, por ello se calcula que”:

100 m = 8,4 dB, entonces 40= 3.33 dB de atenuación en el transmisor y de igual manera en el receptor.

$$ALTX = ALRX = 0,84 \text{ dB}$$

### **Potencia de recepción**

$$PRX = PTX - AbTX - AITX + GTX - LS + GRX - AlRx - AbRX$$

$$PRX = 23\text{dBm} - 1\text{dB} - 3,33\text{dB} + 23\text{dBi} - 127,42 \text{ dB} + 23\text{dBi} - 3,33\text{dB} - 1\text{dB}$$

$$PRX = - 68,66\text{dBm}$$

### **Cálculo del PIRE**

“Este valor debe ser calculado en base a los límites de potencias de transmisión en el territorio nacional, dependiendo a la frecuencia de trabajo del radioenlace. En el anexo 10 se encuentra el cuadro de Límites de emisión para espectro UDBL, y a continuación, se calcula el valor del PIRE con la siguiente ecuación”.

$$\text{PIRE} = \text{Pt} + \text{Gt} - \text{Lc}$$

Donde:

“PIRE: Potencia radiada efectiva relativa a una antena isotrónica

Pt: Potencia de salida del transmisor, en dBW o dBm

Gt: Ganancia de la antena transmisora relativa a una antena isotrónica en dBi

Lc: Atenuación de señal en el cable de conexión entre el transmisor y la antena, en dB

$$\text{PIRE} = 8 \text{ dBm} + 23 \text{ dBi} - 1 \text{ dB} = 30 \text{ dBm}$$

PIRE = 30 dBm, se debe expresar en W, entonces:

$$\text{PIRE (W)} = 10^{\frac{30}{10}} * (1 * 10^{-3}) = 1 \text{ W}$$

Valor que está dentro de la potencia máxima permitida al trabajar en las frecuencias entre 5260-52800 MHz, establecido en los límites de emisión para espectro UDBL del documento de la ARCOTEL”.

### **Margen de desvanecimiento**

Se basa en el umbral (threshold) del equipo seleccionado y las pérdidas consideradas.

$$F_m = 30 \log(D) + 10 \log(6ABF) - 10 \log(1 - R) - 70$$

En donde:

“D: Distancia en kilómetros

A: Factor de rugosidad

B: Factor de análisis del clima

R: Objetivo de confiabilidad

F: Frecuencia en Gigahertz”

“Para ello se presenta un escenario en el que el factor de rugosidad del terreno es de igual a 2, con un factor de análisis de clima igual a 0,125 y un objetivo de confiabilidad alta del 99,999%.”

$$Fm = 30\log(10,7\text{Km}) + 10\log(6 * 2 * 0,125 * 5,27) - 10\log(1 - 0,99999) - 70$$

$$Fm = -16,35 \text{ dB}$$

### **Margen de sensibilidad**

Rx relativo = PRX – Sensibilidad del receptor

$$\text{Rx relativo} = -42,96 \text{ dBm} - (-84\text{dBm})$$

$$\text{Rx relativo} = 41,04 \text{ dB}$$

“Este valor del margen se considera bueno gracias al umbral del receptor.

Las dos antenas fueron configuradas de igual manera ya que en un enlace punto a punto las dos van a realizar el proceso de transmitir y recibir información, por ello no se requiere el cálculo de un nuevo presupuesto de enlace Lagunas de Mojanda”.

### **2.5 Descripción de la propuesta**

Como se muestra en el siguiente diagrama de flujo, consiste en que el enlace de internet sale del edificio de la municipalidad del cantón Pedro Moncayo, tomando una conexión del Data Center principal, y asignando un rango de IP estáticas para los equipos que estarán conformando el sistema de comunicación.

Se describe que en la terraza del edificio se colocan la antena que transmite la señal hacia el cerro negro, este enlace es de 9.1 km, llegando al rebote colocado en la torre del cerro mojando, a una altura de sin cometas el cual consta de un panel solar y baterías que suministran energía para los equipos de transmisión y recepción, desde aquí se crea un nuevo enlace que comunica el cerro negro con las cabañas de las lagunas de Mojanda, y luego al llegar a las, cabañas esta señal se retransmite a un router que genera la frecuencia de Wi-Fi para poder dar cobertura de internet a los usuarios finales.

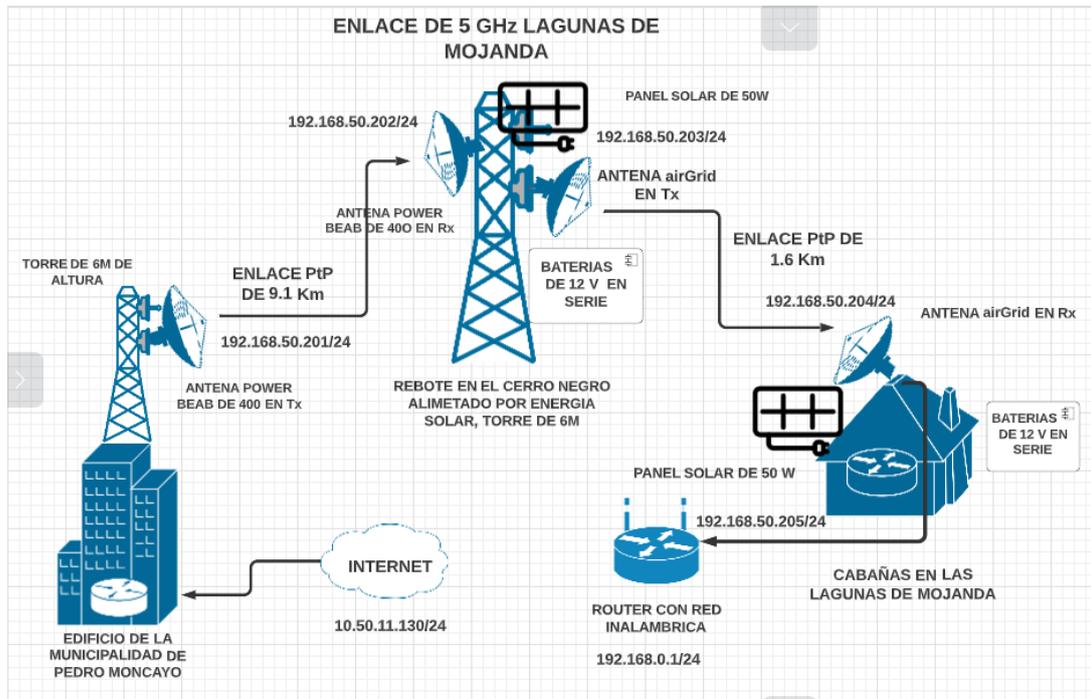


Figura. 17 Flujo del sistema de comunicación

### 2.5.1 Sistema de energía solar

al no existir energía solar en el cerro negro ni en las lagunas de Mojanda se debe implementar un sistema fotovoltaico que permita generar la energía suficiente para encender el sistema de radiocomunicación, para lo cual se utiliza la suma de consumos energéticos que se producen en el rebote mismos que se deben utilizar las fórmulas para obtener la potencia consumida total y de esta manera implementar la solución más eficiente para el funcionamiento del sistema. (Salguero Reinoso, D. O. 2015)

Acorde a las características técnicas de los equipos a implementar su consumo es de 0,5 amperios dando una potencia de cuatro vatios. Como se requiere de 2 antenas en el rebote su consumo sería la suma de total del consumo de energía.

$$= 8w \text{ Consumo de energía} = 4w + 4w$$

Para determinar el consumo de energía total multiplicamos en resultado de la suma del consumo de energía de los 2 equipos multiplicado por la cantidad de horas de funcionamiento en este caso 24 horas al día.

$$\text{consumo por día} = 8w * 24 = 192w$$

Entonces una vez que determinamos el consumo de energía total del sistema determinamos la cantidad de producción energética que se requiere en este caso se

selecciona un panel de 50 w de potencia con el cual se podrá suministrar energía para recargar una batería durante 12 horas de sol que se tiene en el lugar.

$$50W * 12 = 600w$$

$$potencia\ de\ la\ batería = 12v * 53A = 636w$$

Entonces finalmente dividimos la potencia de la batería y la potencia de consumo para poner la cantidad de días que podría suministrar el sistema.

$$Autonomía = \frac{Pb}{PC} = \frac{636w}{192w} = 3.3\ días$$

Para el sistema de alimentación energética implementamos un panel solar de 50w, que alimenta a 2 baterías de 12 voltios conectadas en serie dando una salida de 24v, con una capacidad de 53 Ah, Suficientes para funcionar durante 48 horas sin tener energía solar.

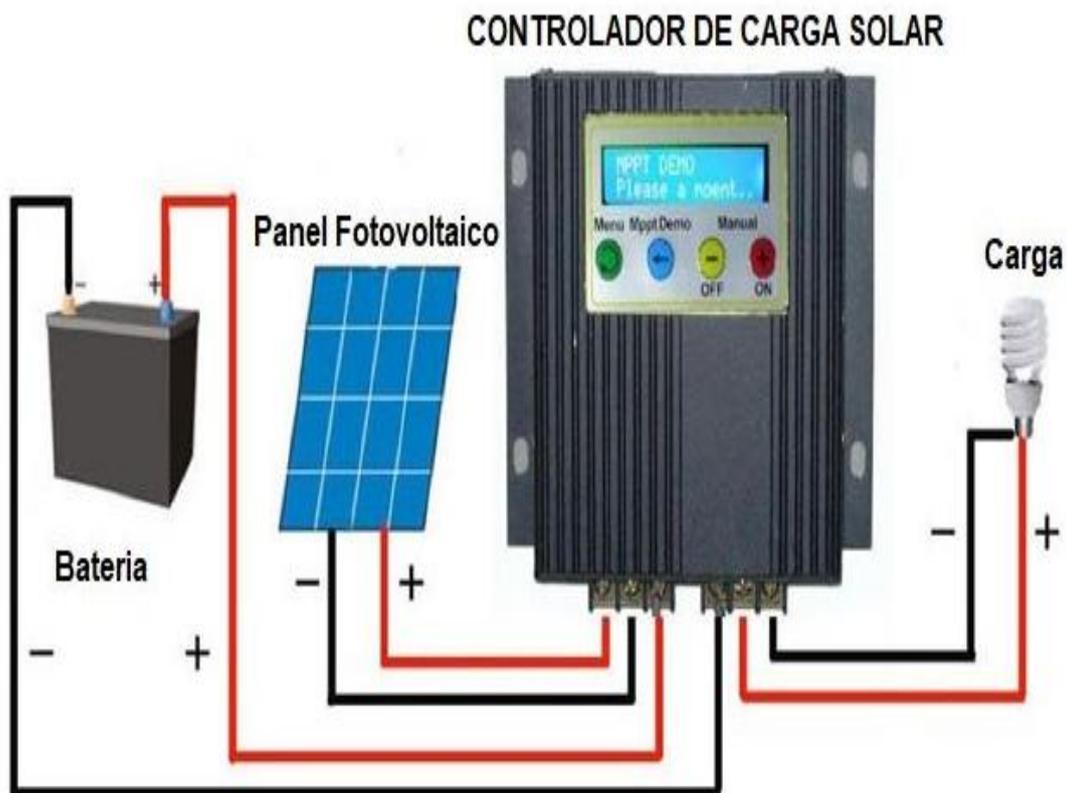


Figura. 18 Esquema del sistema de energía solar

## 2.5.2 Presupuesto económico

*Tabla 2 Equipos activos*

Equipos	cantidad	Valor unitario \$	Valor final \$
Power bean 400	2	150	300
Lite vean	2	50	100
Batería gel 50 Ah	2	100	200
Roueter	1	30	30
Controlador de carga de 20 A	2	40	80
Panel solar 50W	2	40	80
Regulador de energía	2	10	20
		total	810

*Tabla 3 Materiales del sistema*

Material	cantidad	Valor unitario \$	Valor final \$
Cable utp	50 m	0,70	35
Amarras de 30 cm	100	0.07	7
taipe	2	0.5	1
Tubo galvanizado	1	36	36
cemento	1	8.40	8.40
Material pétreo en carretillas	2	2	4
Caja térmica	1	40	40
Para rayo kit	1	100	100
Conectores RJ45	10	0.1	1
		total	232.4

El presupuesto de materiales y equipos activos está calculado en base a una valoración económica sustentada en el mercado ecuatoriano ya que todos los equipos son de carácter nacional y no requieren importación adicional.

El valor total para invertir será de 1042 USD con 40 centavos los cuales se encuentran presupuestados dentro de mi proyecto con autofinanciación.

## 2.6 Simulación de Enlace

La herramienta de UBIQUITI airLink es un software de simulación, Que permite realizar enlaces a punto y enlaces. Multipunto, en el cual se puede determinar los niveles de ganancia, tipo de equipos a utilizar potencia de transmisión, potencia de recepción, ganancia de la antena, altura de la torre, zona de Fresnel, pérdidas en espacio libre, y el presupuesto económico que tendrá el proyecto.

Colocamos las coordenadas del primer enlace que será desde la municipalidad de Tabacundo hacia el cerro negro y con una distancia aproximada de 9.1 km, este enlace será apuntó por lo que el máster estará ubicado en el GAD y el esclavo que recibe la señal colocada en el cerro.

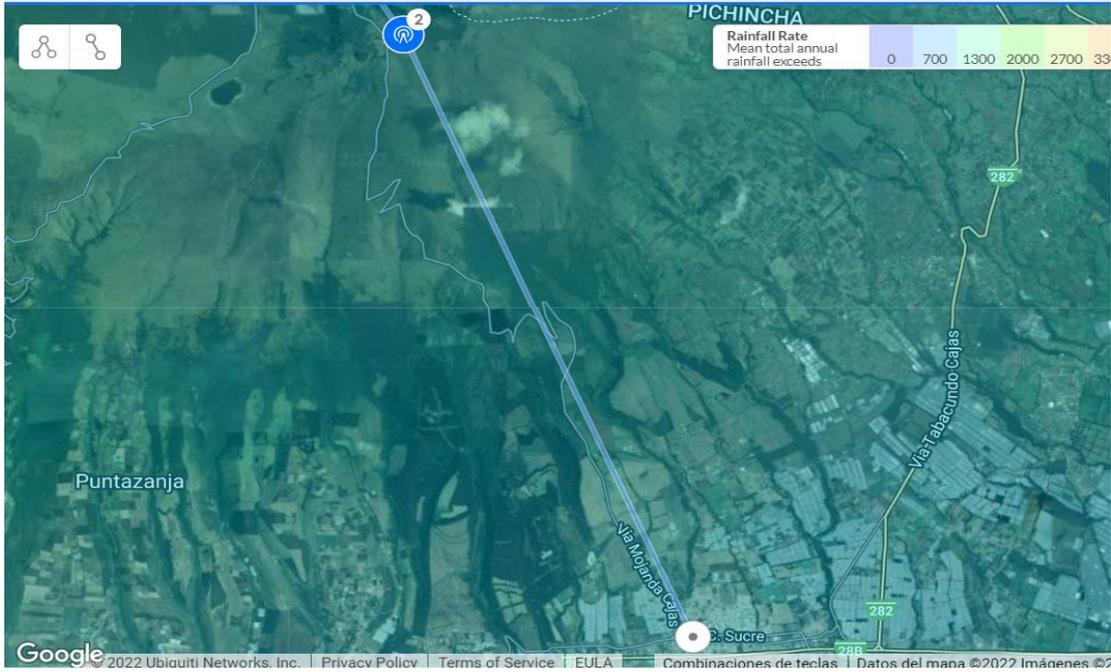


Figura. 19 Enlace de 9.1km

De igual manera colocamos el punto de transmisión en el cerro negro con dirección hacia las cabañas del Mojanda como se muestra en la siguiente imagen creando un solo enlace a punto. Este enlace será de 1.6 km, lo que daría una distancia total de 10.7 km.

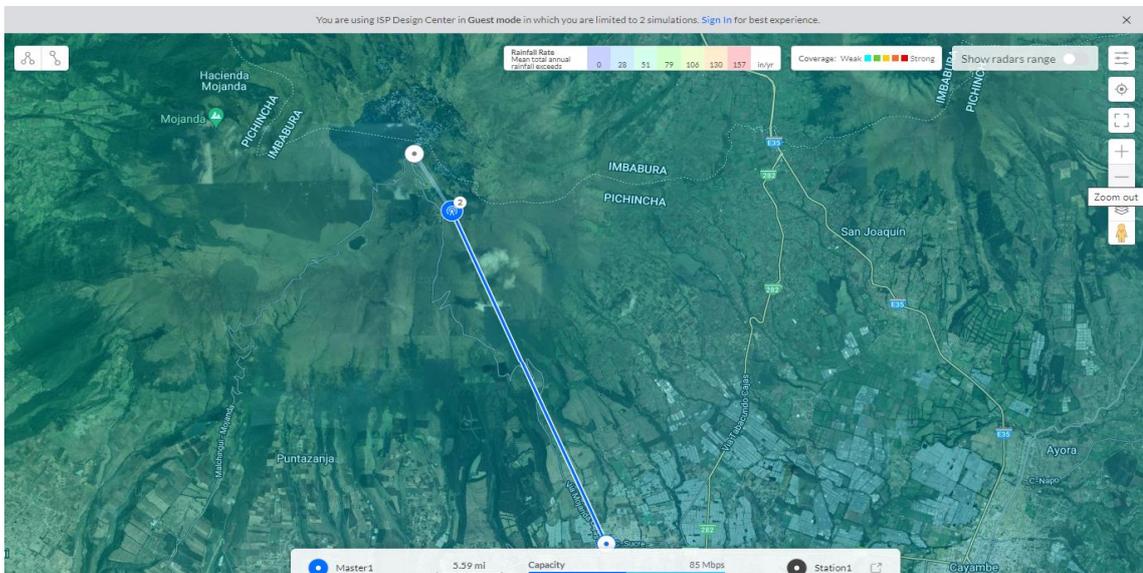


Figura. 20 Enlace de 1.6km

Como podemos observar en la imagen el software nos da los Datos acorde a la configuración manual que ingresamos en este caso utilizamos como master y esclavo las antenas power beam M5 400.

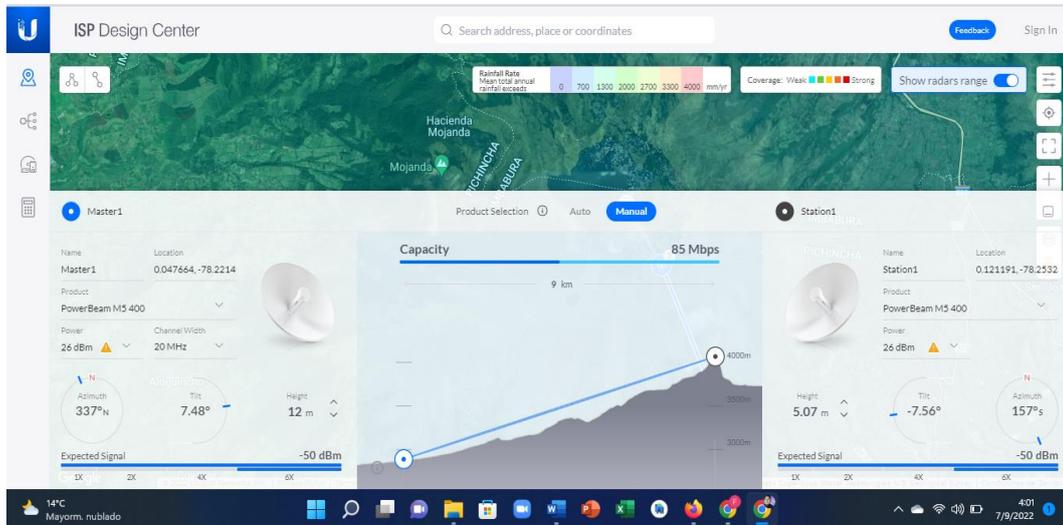


Figura. 21 Datos de la simulación

Se puede observar que la potencia de transmisión en el máster se encuentra en 26 dBm, con un ancho de banda de 20 MHz, con un azimut de 337N°, una elevación de 7.48°, a una altura de 12 m. en el equipo esclavo se puede observar que se encuentra ubicado en la cima del cerro a 4000 sobre el nivel del mar. En una torre a una altura de 6 m, con una potencia de 26 dBm con un ángulo de elevación de 7.56 ° y un azimut de 157° S.

Se logra obtener una tasa de transmisión de 85 Mbps, utilizando una simulación de estación ecuatorial tropical.

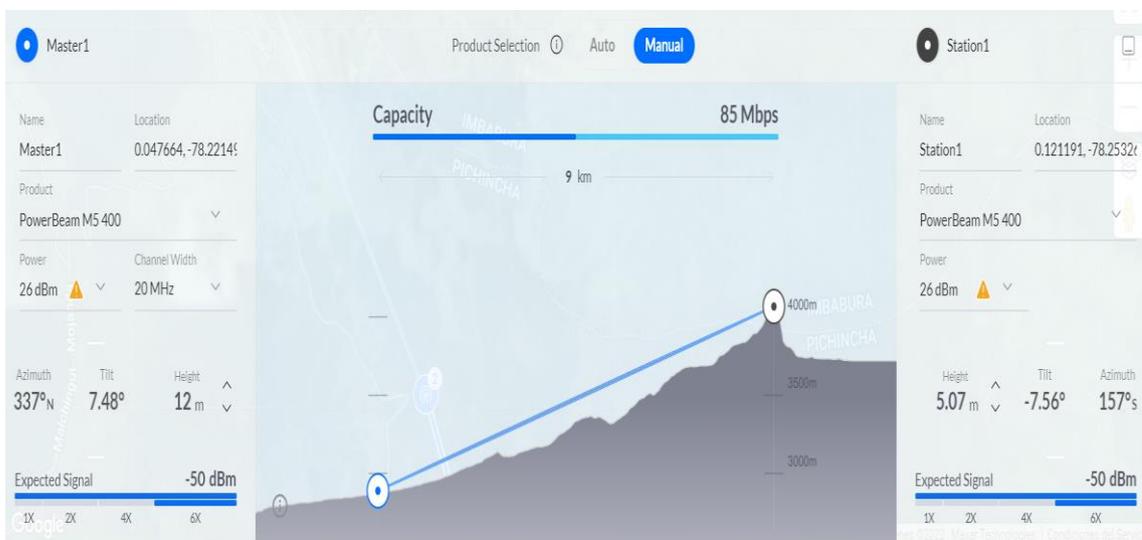
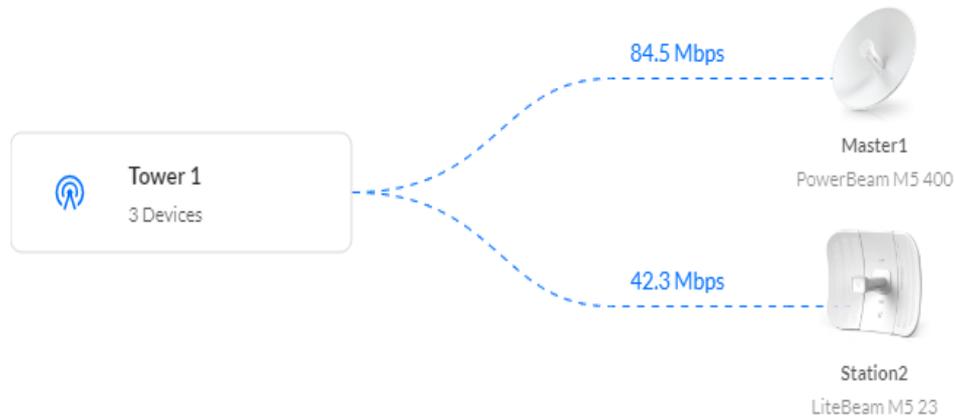


Figura. 22 Datos de la simulación del enlace de 9.1 km

En la siguiente imagen se demuestra cómo está colocado el rebote de transmisión que se encuentra en la cima del cerro negro.



*Figura. 23 Esquema de las antenas en el rebote*

El enlace más pequeño de uno 6 km utiliza equipos AirGrid, Con una capacidad de transmisión de 42 Mbps, como se muestra en la imagen la potencia de transmisión es de 23dBm, con un ancho de banda de 20 MHz, un azimut de 329° N, con una elevación de -11.2° a una altura de 4 m.

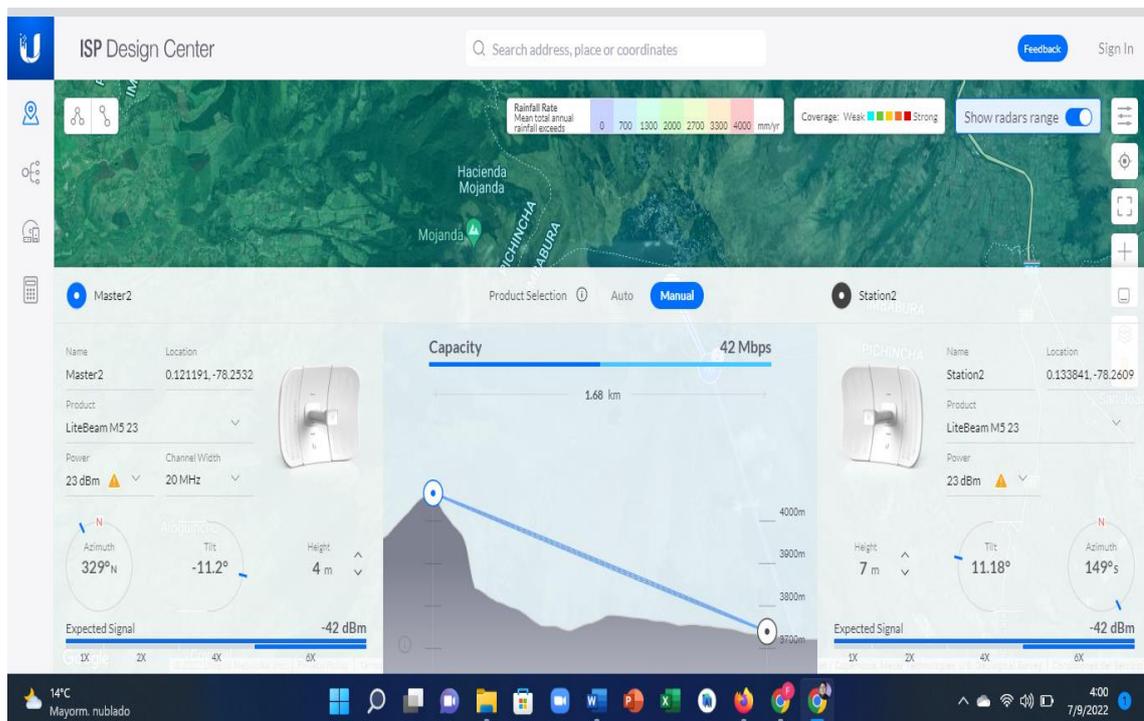


Figura. 24 Datos del enlace de 1.6km

## 2.7 Implementación del Radioenlace

Para la implementación del sistema fue necesario construir la torre en el cerro negro en donde se colocó el rebote para enlazar el municipio de Tabacundo con el cerro negro y luego rebotar la señal hacia las cabañas del Mojanda.

En la siguiente imagen se muestra la perforación en la Tierra para cimentar la torre en el cerro negro.



Figura. 25 Perforación para fundir bases

En la siguiente imagen se puede observar la colocación de la torre metálica fundidas con cemento que fue realizada gracias a la ayuda de los trabajadores del Pedro Moncayo.



*Figura. 26 Fundición de base de la torre*

En las siguientes imágenes se detalla cómo fue implementado la antena que apunta hacia Tabacundo así como la antena que apunta hacia las cabañas del mojando, el sistema de pararrayos, el panel solar que genera la energía para el funcionamiento del sistema y el gabinete en donde se encuentran las baterías así como el controlador de carga de energía.



*Figura. 27 Colocación de equipos*



*Figura. 28 Torre totalmente armada*



*Figura. 29 Colocación de sistema fotovoltaico en las cabañas*

### **2.7.1 Configuración de equipos**

para poder configurar los equipos se requiere de un computador el cual debe estar colocado en su tarjeta de red una ip estática en el rango del equipo a utilizar, en este caso se debe colocar la IP 192.168.1. 24 con una máscara 24 y su puerta de enlace sería 192.16.1.1.

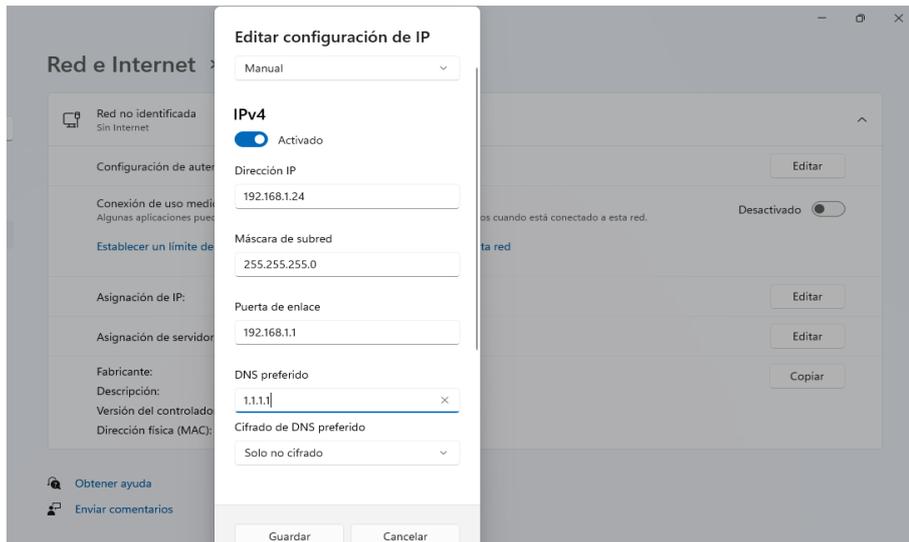


Figura. 30 Cambios en la tarjeta de red

En cualquiera de los navegadores web se debe colocar la ip con la que está el equipo en este caso es 192.168. 1.20, damos en proceder a buscar y nos pedirá permisos de configuraciones avanzadas para poder ingresar a la interfaz, en aceptar riesgos ponemos que si y podemos ingresar a la interfaz del equipo.

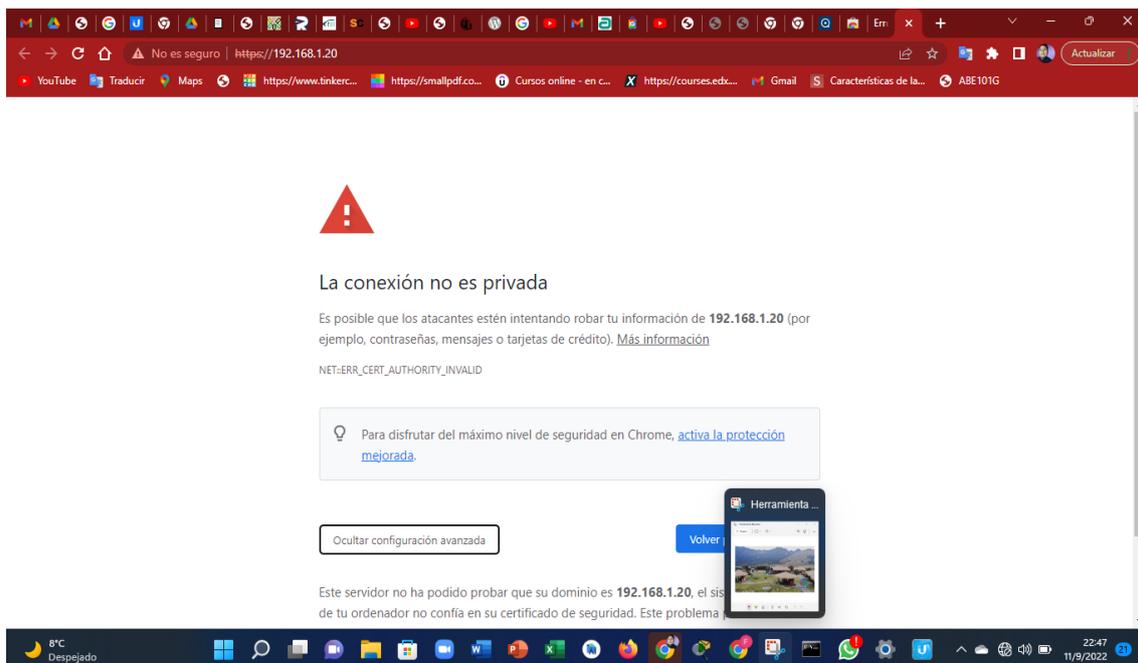


Figura. 31 Búsqueda de la interfaz en el navegador.

Una vez dentro de la interfaz del equipo debemos configurar una contraseña y un usuario inicial, así como seleccionar el país y el idioma en el que se va a trabajar, damos en aceptar términos de licencia y procedemos a dar en cargar.

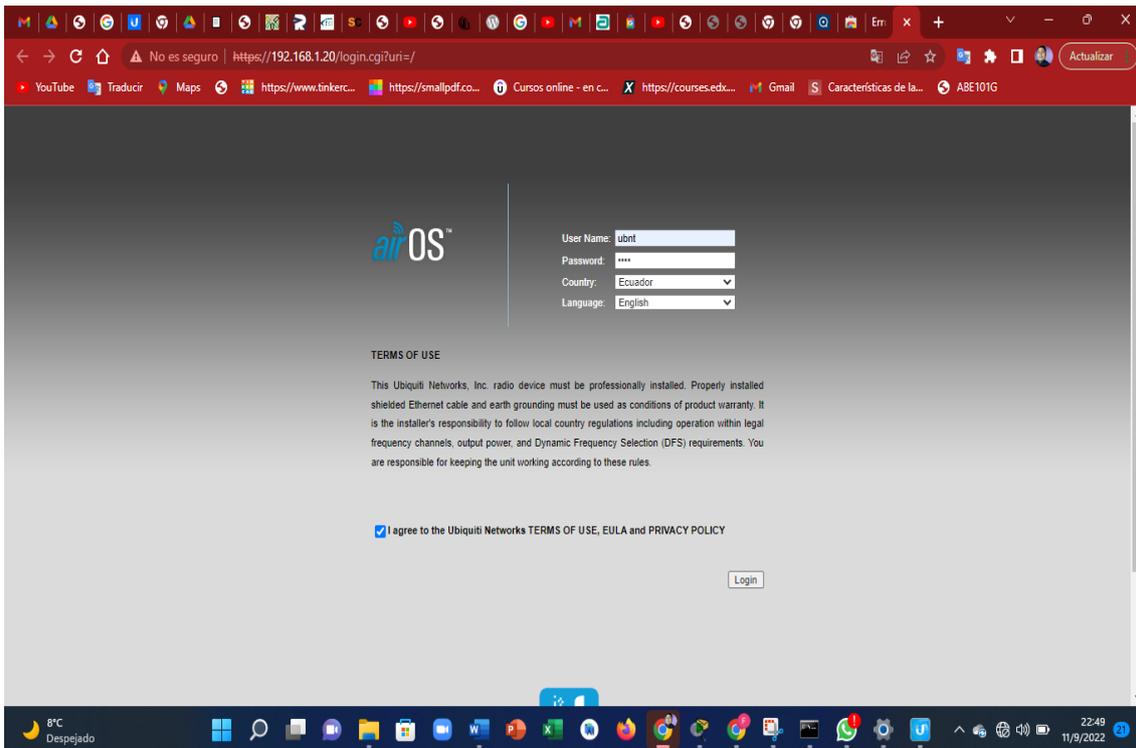


Figura. 32 Cambio de credenciales de inicio

En la pestaña Wireless se debe colocar a la antena 1 como o access point, y se debe seleccionar la banda de transmisión licenciada, para poder utilizar todo el espectro radioeléctrico de la banda de 5 GHz. se debe descargar una credencial para dar mayor seguridad al enlace.

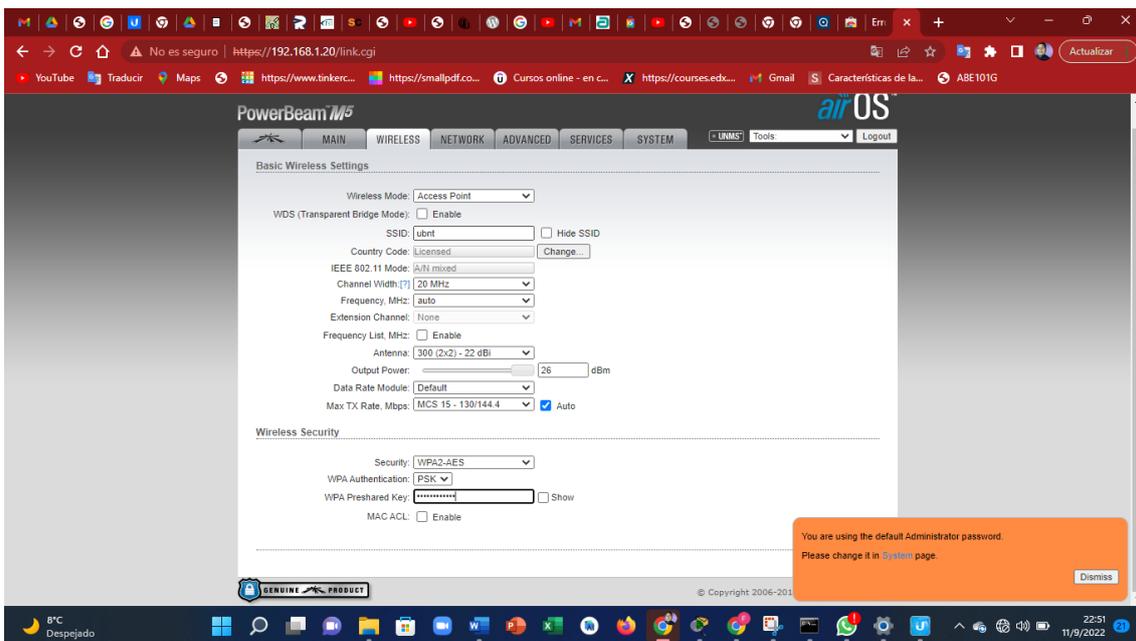


Figura. 33 Ajuste de parámetros en el equipo

En este apartado se debe colocar la IP y dejarla en modo bridge todos los equipos, con la finalidad de permitir llegar el enlace de internet y colocar la IP asignada del segmento en el router final la cual ya podrá dar servicio a internet.

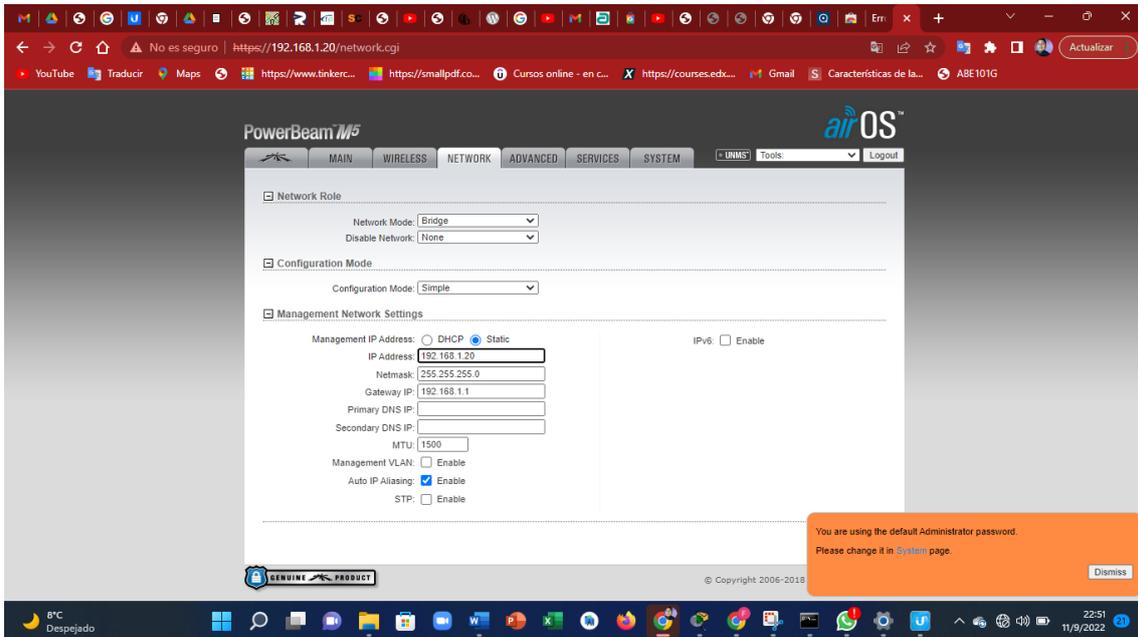


Figura. 34 Asignación de IP en el equipo

En este apartado cargamos todas las configuraciones del equipo y procedemos a realizar los mismos pasos en cada una de las antenas que se utilizarán para el radioenlace, se debe recalcar que cada equipo tendrá una IP diferente y estarán configuradas en modo bridge así como se alternarán en la primera antena será access point la otra estación la siguiente access point y la final, estación luego se colocará el router en donde se pondrá la IP activa para dar servicio.

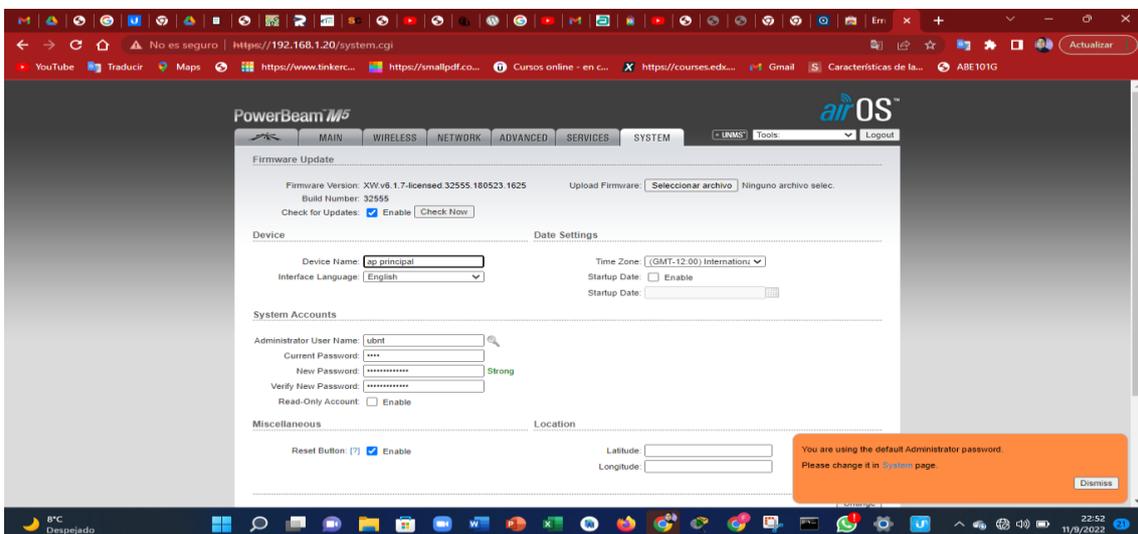


Figura. 35 Carga de configuraciones al equipo

Procedemos a ingresar a la interfaz del router en el cual se debe asignar una IP estática, la cual estará designada para dar servicio.

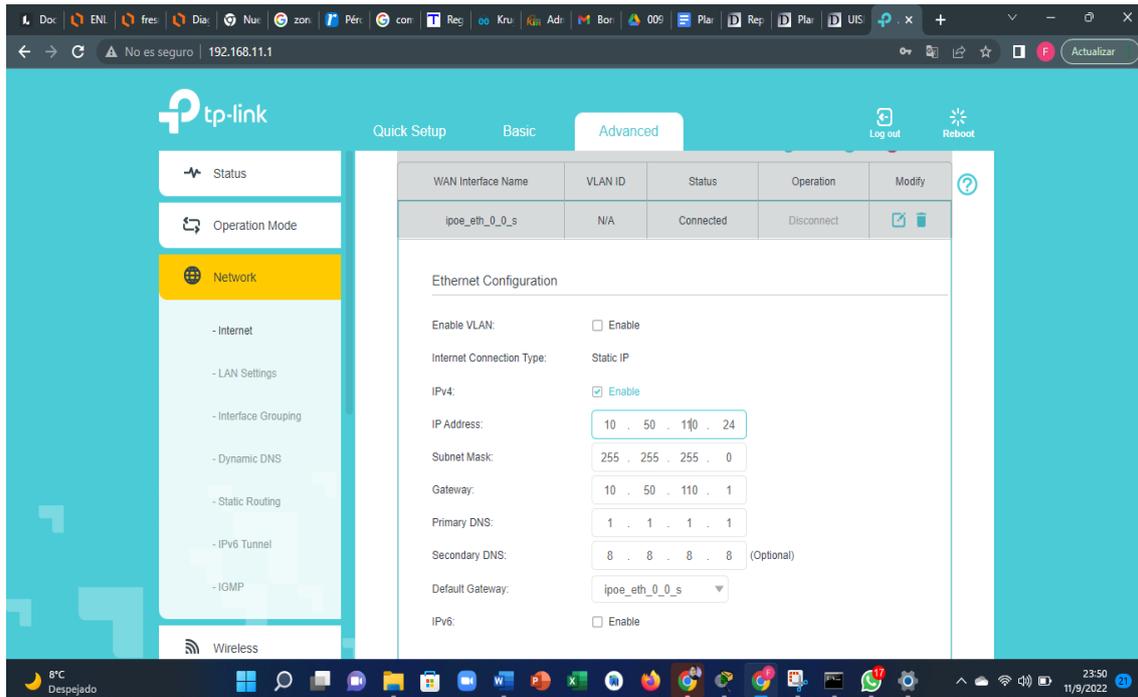


Figura. 36 Interfaz del Router

Finalmente configuramos la red Wi-Fi para que los usuarios puedan acceder a internet.

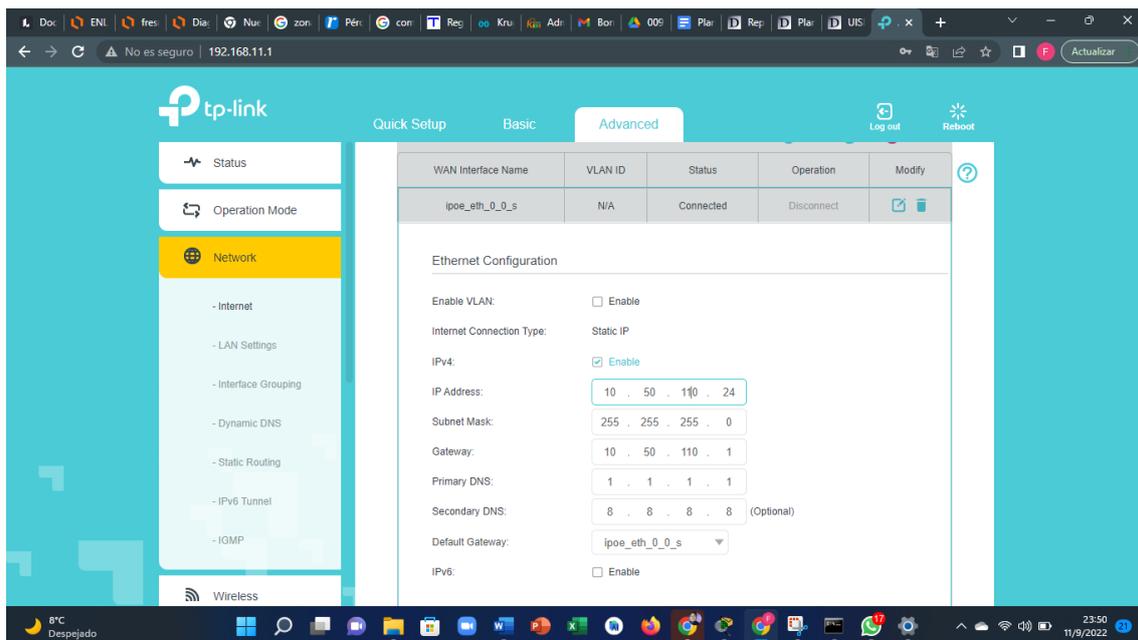


Figura. 37 Configuración de red Wi-Fi

Procedemos a realizar pines y vemos que ya tenemos conexión a internet con un tiempo de respuesta de 23 milisegundos y sin pérdida de paquetes.

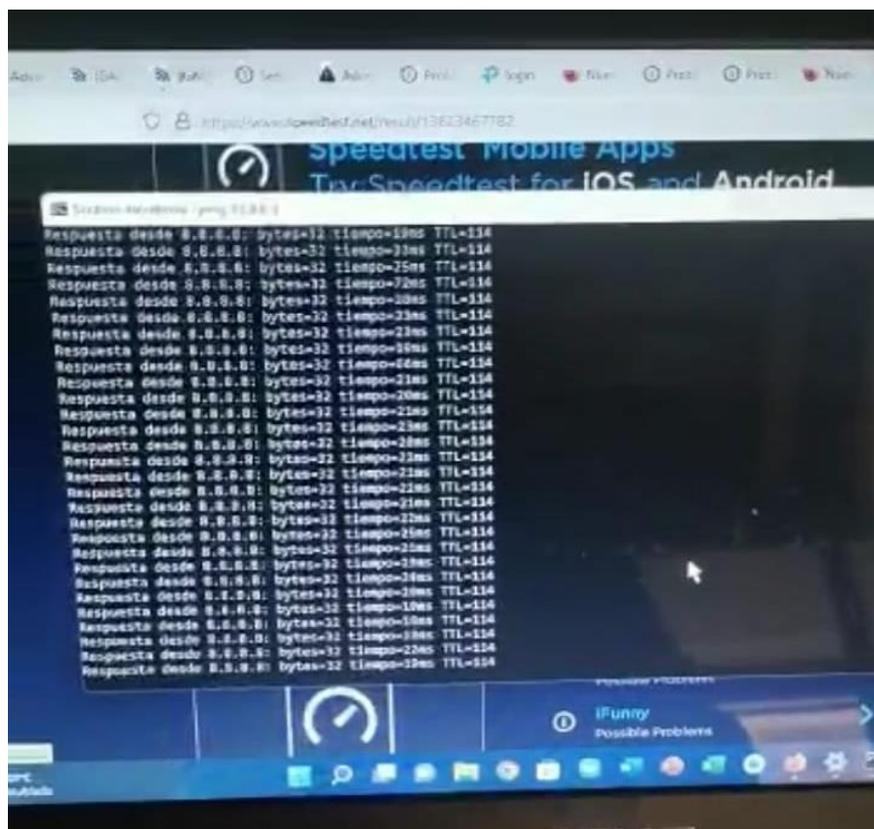


Figura. 38 Realización de pruebas de salida a internet

## 2.8 Estrategias y/o técnicas

Para la realización del proyecto se utilizan métodos cuantitativos y observaciones de campo para determinar el impacto que puede generar la implementación de un radio enlace que permita la comunicación entre las cabañas de las lagunas de Mojanda y la municipal estaba fondo esto beneficia directamente a los guardabosques, así como al municipio para gestionar de mejor manera el lugar.

se debe considerar que los Datos obtenidos pueden ser caso de estudio para futuras investigaciones, así como la implementación de nuevos puntos de red que permita interconectar varias zonas rurales del cantón Pedro Moncayo con la municipalidad.

Dentro del universo para la realización del presente proyecto se puede considerar a todos los turistas nacionales y extranjeros, trabajadores y autoridades que visitan las Laguna de Mojanda, la población específica serán todos aquellos que requieren utilizar el servicio de internet en las cabañas.

La metodología utilizada en dicho proyecto será inductiva como un enfoque cualitativo en donde se podrá analizar proyectos similares que fueron implementados en beneficio de la población en el país.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Emerson Gabriel Haro	7	Magister en Ciberseguridad	Técnico 3 en la empresa SAITEL

*Criterios de valuación*

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

*Escala de evaluación.* Elaborada por: Ing. Emerson Haro Msc.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

*Escala de evaluación.* Elaborada por: *Ing. Willian Cualchi*

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad				X	
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

*Escala de evaluación.* Elaborada por: *Ing. Roberto toscano Msc.*

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

## 2.1. Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

**Tabla 4 matriz de articulación**

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
<b>1</b>	Definición: Radioenlace en banda libre de 5Ghz. Sistemas fotovoltaicos	Radioenlace Espectro radioeléctrico Espectro en Banda libre Enlace Punto a Punto Zona de Fresnel	Enlace punto a punto que utiliza ondas electromagnéticas para transmitir información. Sistema que aprovecha la luz solar para producir energía eléctrica	Metodología determinar para determinar los fundamentos teóricos
<b>2</b>	Diseño: Presupuesto de enlace, Cálculos, coordenada, simulación	Cálculos de todos los parámetros de un radioenlace, Presupuesto económico Simulación	Se desarrolla todo lo relacionado con el diseño para poner en marcha el radioenlace	Se utiliza las siguientes herramientas, Airlink, Excel, Word, PowerPoint
<b>3</b>	Implementación: construcción de la torre, colocación de las antenas	Colocación de la estructura metálica de la torre Colocación de las antenas Colocación del pararrayos Colocación del sistema fotovoltaico	Se realiza todo el proceso de construcción e implementación del sistema, se empieza por colocar la torre para el rebote, después se coloca el AP de salida y por último se Coloca el AP en las cabañas, configuración de equipos	Se requiere de herramienta como, martillo juego de llaves, transporte, y recursos humanos.

## 2.2. Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Una vez realizada la simulación del sistema de radio enlace se puede decir que los cálculos matemáticos y teóricos se asemejan mucho con los obtenidos en el software, esto garantiza la fiabilidad de la implementación del sistema.

al utilizar un rango de IP, permite generar que solo en ese segmento se produzca la salida a internet, no existe riesgo de ser pirateado en radio enlace debido a que una sola IP se encuentra. activa

Se puede decir que el radio enlace cumple con las expectativas propuestas en el alcance, sin embargo, se puede mejorar el ancho de banda, así como a la tasa de transmisión estabilidad en el sistema gracias a la implementación de equipos en AC.

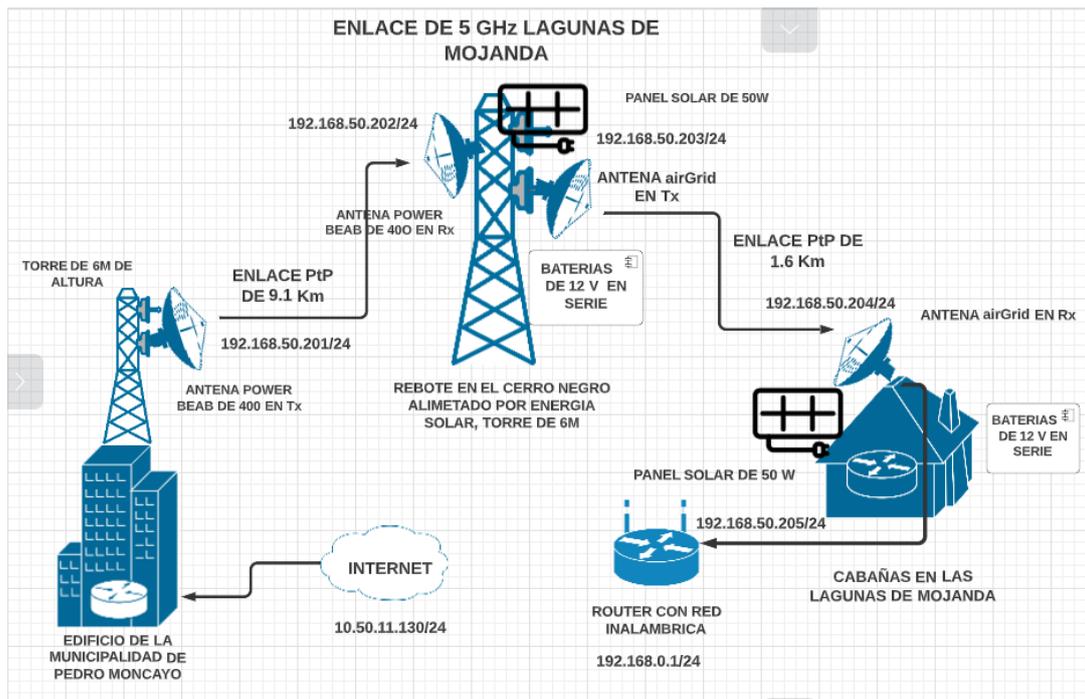


Figura. 39 Esquema de la red

Acordé a la topología implementada se puede observar que el radio enlace consta de un enlace a punto de 9.1 km, y otro radio enlace de uno 1.6 km, los mismos que conforman una distancia total entre las cabañas y la municipalidad de 10.7 km.

## CONCLUSIONES

En el Ecuador y el mundo entero, existe mucha información sobre sistemas de radioenlaces en bandas no licenciadas que permiten ser caso de estudios para poder implementar soluciones viables que beneficien a la sociedad.

Los equipos utilizados para la implementación de un radioenlace en banda libre son comercializados en el país, cuentan con la homologación otorgada por el ARCOTEL, ente rector de las telecomunicaciones en el Ecuador.

Se puede concluir que un sistema de radio enlace en banda no licenciada permite dar comunicación a cualquier lugar aislado del Ecuador al aprovechar la energía solar para poder alimentar el funcionamiento de estos equipos electrónicos, facilitando su implementación en cualquier lugar, el presupuesto de enlace se puede calcular acorde a los parámetros y especificaciones de cada equipo utilizado en el sistema.

Al utilizar programas de simulación, permite corregir errores de funcionamiento antes de implementar la solución garantizando el funcionamiento adecuado, y reduciendo costos al momento de implementar la solución más adecuada.

La implementación del sistema de radio enlace que comunica el gap de Pedro Moncayo con las cabañas de mojando, al necesitar una línea de vista Para poder interconectar estos dos puntos, requiere de la construcción de un rebote en el cual permita retransmitir la señal sin pérdidas.

Las pruebas de funcionamiento realizadas durante un periodo de 15 días facilitan, corregir fallos pequeños de existentes en el sistema, con el fin de mejorar la vida útil y calidad del proyecto.

## **RECOMENDACIONES**

Si bien es cierto, existe mucha base para el diseño de un sistema de radioenlace en banda libre, se necesita conocer más sobre las normativas vigentes en el país, así como la liberación de nuevas bandas y frecuencias, que serán utilizadas a futuro para dar servicios de mejor calidad.

Para futuros proyectos de radio enlace en banda libre, es aconsejable utilizar equipos AC, los cuales garantizan un mejor funcionamiento y estabilidad del servicio, mejorando el ancho de banda y la capacidad de transmisión.

Para el diseño de un presupuesto de enlace, se debe tomar en cuenta, aspectos climatológicos que varían, acorde al sitio donde será implementado el sistema.

Se recomienda utilizar software libre como Radio-Mobile el cual tiene mayores prestaciones al momento de simular un radio enlace en diferentes condiciones.

Al momento de implementar la solución se recomienda tener estudios previos del suelo, garantizando la durabilidad del sistema.

Las pruebas de funcionamiento se las debe realizar durante más tiempo con el fin de detectar el comportamiento del sistema en diferentes condiciones climatológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarado Cáceres, L. R. (2021). Radio enlace autónomo y la alerta temprana ante aluvión en la Laguna Palcacocha en Huaraz-2019.

Apaza Cutipa, F. F., & Ramos Cuayla, J. (2022). Diseño de un sistema de radioenlaces digitales de banda ancha para mejorar el acceso a los servicios de tele-educación digital en las instituciones educativas rurales del distrito de Torata, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, año 2022.

ARCOTEL. (04 de marzo de 2016). RESOLUCIÓN 04-03-ARCOTEL-2016. Obtenido de

<https://cutt.ly/VkGyLX7>

ARCOTEL. (2017). PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS. Quito, Pichincha, Ecuador.

ARCOTEL. (Abril de 2018). ARCOTEL. Obtenido de <https://cutt.ly/kkGt4rS>  
ARCOTEL. (s.f.). Resolución ARCOTEL 2018. Obtenido de <https://cutt.ly/1kGus8T>

Celerity. (1 de Febrero de 2021). Celerity. Obtenido de <https://cutt.ly/yknF2mI> Claro. (1 de Febrero de 2021).

Claro Cobertura. Obtenido de <https://cutt.ly/BknGz3h> CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR. (2008). Ecuador.

Espectrometria.com. (15 de enero de 2015). Obtenido de <https://cutt.ly/lkGtvHu>

Galeano Villa, J. L. (2012). ANÁLISIS, DISEÑO, SIMULACIÓN Y PRESUPUESTACIÓN DE UN RADIO ENLACE PUNTO A PUNTO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE BELÉN DE UMBRÍA Y QUINCHÍA EN EL

DEPARTAMENTO DE RISARALDA. Pereira, Colombia.

García Castellón, S. (Diciembre de 2007). Manual para radiomobile para Windows. San Salvador, El Salvador.

ITU. (2019). Comunicaciones inalámbricas terrenales. ITU News Magazine, 3-40.

LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES. (18 de Febrero de 2015). Quito, Pichincha, Ecuador.

Martínez, J. (13 de julio de 2018). Zonas de Fresnel en un radioenlace. Obtenido de <https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>

Martínez, J. L. (13 de julio de 2018). Prored. Obtenido de <https://cutt.ly/6kGub8s>  
MikroTik. (2020). MikroTik. Obtenido de <https://cutt.ly/0kGygD1>

MTM TELECOM. (2012). MTM TELECOM. Obtenido de <https://cutt.ly/FkGyTYI>  
Netlife. (1 de Febrero de 2021). Netlife. Obtenido de <https://cutt.ly/pknGhHR>

Novoa Bermúdez, L. D., & Carreño Ortiz, A. (2018). DISEÑO DE RADIO-ENLACE DE COMUNICACIONES DESDE EL MUNICIPIO DE EL COCUY A LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES LA PLAYA, TOBALITO, EL

Ortiz Rodríguez, Q. E. (septiembre de 2019). Acceso a internet en la parroquia Boyacá del cantón Chone mediante radioenlace gestionado con tecnología Wireless LAN controller. Manabí, Manabí, Ecuador.

Ramírez Luz, R. (2005). Sistemas de radiocomunicaciones. España: Paraninfo.

Ruesca, P. (25 de septiembre de 2006). Radio Comunicaciones. Obtenido de <https://cutt.ly/zkGuKAg>

Salguero Reinoso, D. O. (2015). Administración y distribución efectiva del internet a través de Mikrotik. Quito, Pichincha, Ecuador.

Suqui Carchipulla, K. M. (3 de agosto de 2010). Estudio e implementación de un radioenlace con tecnología Mikrotic para el ISP JJ Sistemas en el cantón Gualaquiza, Provincia Morona Santiago. Gualaquiza, Morona Santiago, Ecuador.

# ANEXOS

## ANEXO 1 FORMATOS ARCOTEL

Formato FO-DRS-26



### DATOS DE INFORMACIÓN GENERAL PARA EL OTORGAMIENTO DEL TÍTULO HABILITANTE DE OPERACIÓN DE RED PRIVADA

**1. DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE**

<b>TIPO DE PERSONA JURÍDICA</b>
PERSONA NATURAL O JURÍDICA DE DERECHO PRIVADO

**1.1. DATOS GENERALES PERSONA NATURAL O JURÍDICA DE DERECHO PRIVADO**

<b>PERSONA NATURAL</b>	
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	DIEGO ARMANDO QUINA CABASCANGO
<b>CEDULA DE CIUDADANÍA</b>	1723472559
<b>R.U.C.</b>	1723472559

<b>PERSONA JURÍDICA DE DERECHO PRIVADO</b>	
<b>NOMBRE DE LA PERSONA JURÍDICA</b>	
<b>R.U.C.</b>	
<b>NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL</b>	
<b>CEDULA DE CIUDADANÍA</b>	

**1.2. DATOS GENERALES PERSONA JURÍDICA (EMPRESA PÚBLICA O INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO)**

<b>PERSONA JURÍDICA (EMPRESA PÚBLICA O INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO)</b>	
<b>NOMBRE DE LA PERSONA JURÍDICA</b>	
<b>R.U.C.</b>	
<b>NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL</b>	
<b>CEDULA DE CIUDADANÍA</b>	

Nota: El Proyecto Técnico deberá elaborar un Ingeniero en Electrónica y/o Telecomunicaciones

Formato FO-DRS-27



### DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE ÁREA DE COBERTURA Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INSTALACIONES A CONECTAR

**1. ÁREA DE COBERTURA**

PROVINCIAS DE LA RED PRIVADA					
#	Provincia / Ciudad	#	Provincia / Ciudad	#	Provincia / Ciudad
1	Bolívar		13	Santa Cruz de la Sierra	
2	Cochabamba		14	Chuquisaca	
3	Copacabana		15	El Beni	
4	Chuquisaca		16	La Paz	
5	Beni		17	Oruro	
6	El Beni		18	Pando	
7	Morón		19	Santa Cruz	
8	Potosí		20	Tarija	
9	Potosí		21	Valle del Beni	
10	Tungurahua		22	Yacajuma	
11	Sucumbios		23	Yacajuma	
12	Oruro		24	Zaragoza	

**2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INSTALACIONES (NODOS) A CONECTAR**

ITEM	NOMBRE DEL NODO	REPETIDOR (R) / ESTACION (E)	UBICACIÓN GEOGRÁFICA				LATITUD				LONGITUD				OBSERVACIONES			
			PROVINCIA	CANTÓN	MUNICIPIO	DIRECCIÓN	S	N	W	E	S	N	W	E	ESTADO	PROCESO	TIPO DE NODO	USUARIO
1	Abadía del Sur	E	PCVINCIA	GUAYO	CUMBAYA	URIBE DEL SUR	E	16	7.1	E	76	26	63.1	O	PLS VO	PROYECTO	PLS VO	
2	Tambón	E	PCVINCIA	GUAYO	CUMBAYA	URIBE DEL SUR	O	14	13.1	E	76	26	63.7	O	PLS VO	PROYECTO	PLS VO	

**NOTAS:**

**ITEM:** Enumeración de las instalaciones a conectar. (Secuencia)

**NOMBRE DEL NODO:** De acuerdo a la ubicación geográfica de cada estación.

**REPETIDOR (R) / ESTACION (E):** De acuerdo con R y E en el caso que sea Repetidor o Estación Base.

**PROVINCIA:** Nombre de la provincia donde se ubica la instalación propuesta.

**CANTÓN / CIUDAD:** Nombre del cantón / ciudad donde se ubica la instalación propuesta.

**MUNICIPIO:** Nombre de la parroquia donde se ubica la instalación propuesta.

**DIRECCIÓN:** Carretera, Nombre y Referencia de la vía de acceso a la instalación propuesta.

**LATITUD Y LONGITUD:** Coordenadas Geográficas en el Sistema WGS 84 Zona 17 Sur

S: Sur  
N: Norte  
W: Oeste  
E: Este

**ESTADO:** Indicar si la instalación propuesta es normal, en emergencia o en estudio o en el aire.

**PROCESO:** Indicar en la casilla correspondiente si el nodo se encuentra en fase de Proyecto o de Construcción.

**TIPO DE NODO:** De acuerdo al tipo de servicio de telecomunicaciones que se presta.

**USUARIO:** Indicar en la casilla correspondiente si el nodo se encuentra en fase de Proyecto o de Construcción.

**OBSERVACIONES:** En este campo se debe adjuntar alguna información adicional que se requiera.

Formato FO-DRS-28



**DESCRIPCIÓN DE ENLACES**  
1. ENLACES ENTRE INSTALACIONES Y/O REPETIDORES

Enlaces físicos			
Inicialmente si requiere	X	Inicialmente no requiere	
Propios	X	Proveídos por una empresa portadora legalmente autorizada	
Nombre de empresa Portadora:			

Enlaces inalámbricos			
Inicialmente si requiere	X	Inicialmente no requiere	
Propios	X	Proveídos por una empresa legalmente autorizada	
Nombre de empresa Legalmente Autorizada:			

**Nota:** Adjuntar Carta de compromiso actualizada con la empresa Portadora legalmente autorizada que proveera los Enlaces.  
**Nota:** En caso de requerir enlaces inalámbricos, se deberá adjuntar los formularios correspondientes.

2. DESCRIPCIÓN DE ENLACES:

ITEM	MEDIO DE TRANSMISIÓN	NODO ORIGEN	NODO DESTINO	VELOCIDAD DEL ENLACE (Mbps)	LONGITUD DEL ENLACE (Km)	PROVEEDOR	ESTADO	OBSERVACIONES
1	INALÁMBRICA	ARBOLITOS DEL SUR	TABLÓN	40	0,21	PROPIO	NUEVO	

**Nota:**  
**Item:** Enumeración de los enlaces de la Red  
**Medio de Transmisión:** Medio físico de transmisión: cobre, par trenzado, fibra óptica, coaxial, etc.  
**NODO ORIGEN:** Indicar el nombre del nodo destino del enlace, de acuerdo a la denominación declarada en el formulario FO-DRS-27.  
**NODO DESTINO:** Indicar el nombre del nodo destino del enlace, de acuerdo a la denominación declarada en el formulario FO-DRS-27.  
**VELOCIDAD DEL ENLACE:** Ancho de banda mínimo que se transmite por el enlace en Mbps  
**Distancia (Km):** Distancia del enlace en Km  
**Proveedor:** Indicar por cada enlace si el mismo es "Propio" o caso contrario indicar el Nombre del Proveedor.  
Se debe adjuntar las cartas de provisión de los enlaces con el portador autorizado en caso de no tener infraestructura

3. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA RED:

Descripción	Debe incluir un diagrama esquemático de la red que indique claramente cada uno de los nodos, enlaces físicos y/o inalámbricos de la red declarados en los formatos técnicos, así como ubicaciones de cada una de las estaciones y/o repetidores y velocidad de los enlaces.
-------------	---

Formato FO-DRE-01



Código: FO-DRE-01  
Versión: 01

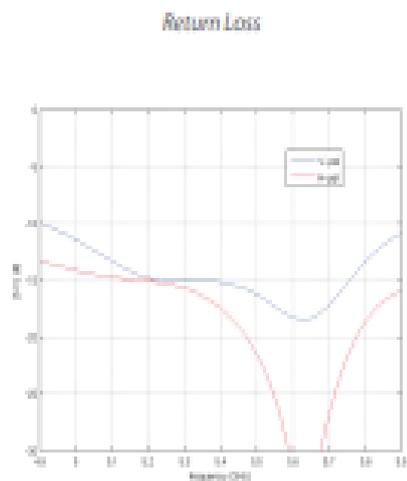
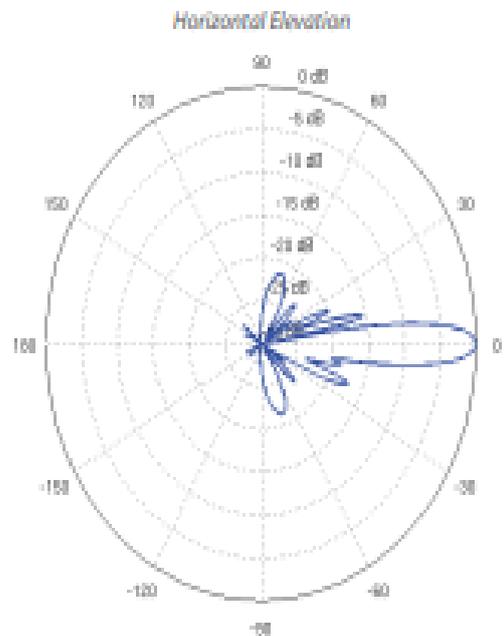
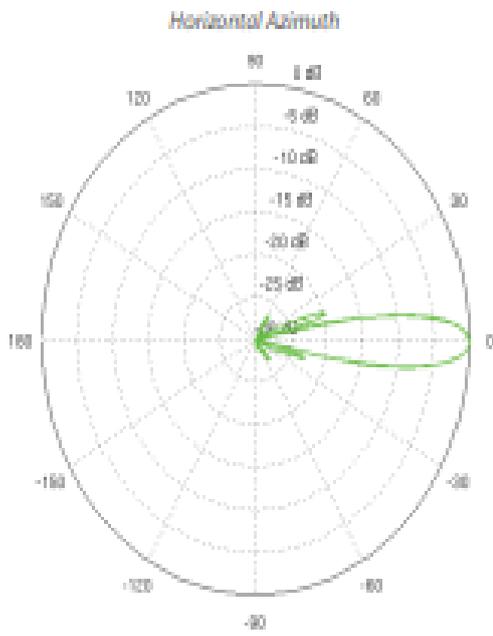
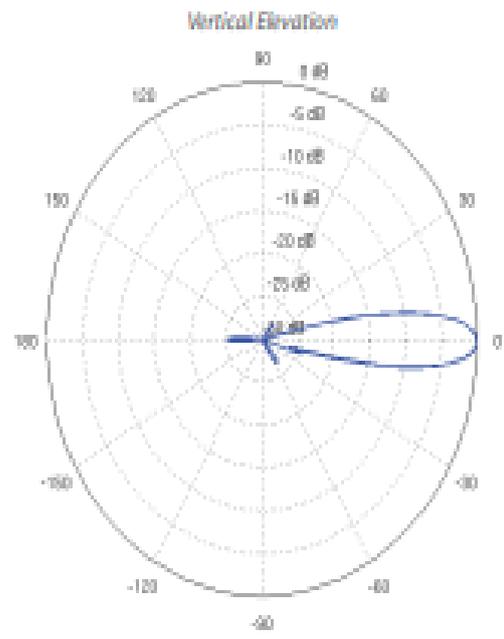
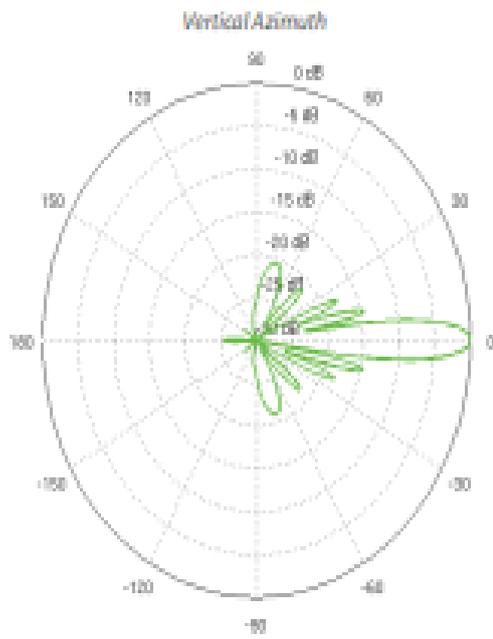
**FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES**

1	2	3	4	5	6	7	8		9		10	11	12	13
							LATITUD (°N°)	LONGITUD (°W°)	ALTURA ESTRUCTURA	TIPO DE ESTRUCTURA				
CODIGO ESTRUCTURA	NOMBRE DEL SITIO	PROVINCIA	CANTON	CIUDAD/LOCALIDAD	PARROQUIA (RURAL/CABECERA CANTONAL)	DIRECCIÓN (Calle y No.), LOCALIDAD	LATITUD (°N°)	LONGITUD (°W°)	ALTURA ESTRUCTURA	TIPO DE ESTRUCTURA	PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA	FUENTE DE ENERGÍA	ESTRUCTURA NUEVA / EXISTENTE	PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA
S1	ARBOLITOS DEL SUR	PICHINCHA	QUITO	QUITO	CUMBAYA - COMUNA DE LUMBISI	ARBOLITOS DEL SUR (Calle Guangapoli)	01°14'07.10"S	78°2'53.10"W	2407	4,5	EMPOTRADA EN UNA EDIFICACIÓN		NUEVA	ARMANDO VILLACÉ
S2	TABLÓN	PICHINCHA	QUITO	QUITO	CUMBAYA - COMUNA DE LUMBISI	TABLÓN SUR	01°14'11.10"S	78°2'49.70"W	2293	4	MÁSTIL		NUEVA	BRYAN SORA

**ANEXO 2**  
**DATASHEET POWER BEAN M5 400**

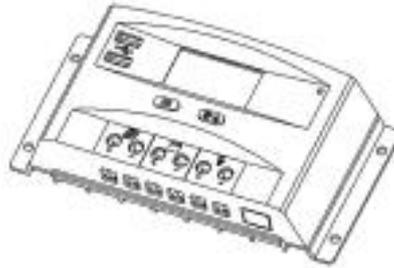
## Specifications

PBE-M5-400					
Dimensions	420 x 420 x 275 mm (16.54 x 16.54 x 10.83")				
Weight	1.753 kg (3.87 lb)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE				
Max. Power Consumption	8W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	25 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Sizes	5/8/10/20/30/40 MHz				
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)				
Wind Loading	278.4 N @ 120 km/h (63 lbf @ 75 mph)				
Wind Survivability	120 km/h (75 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5				
Vibration Test	IEC 68-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14				
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5				



## ANEXO 3 DATASHEET CONTROLADOR DE CARGA

Manual Usuario Regulador Carga Solar PWM 10A, 20A, 30A



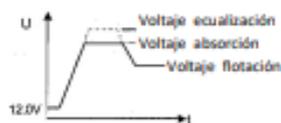
Lea detenidamente este manual antes de utilizar el regulador.

Modelo	10A 12/24V	20A 12/24V	30A 12/24V
<b>Entrada</b>	Voltaje FV		
	≤50V		
<b>Salida</b>	Intensidad nominal		
	10A	20A	30A
	Voltaje sistema		
	12V/24V Auto		
	Desconexión por alto voltaje (HVD)		
	16.00V x1 / x2		
	Intensidad descarga nominal		
	10A	20A	30A
	Autoconsumo		
	≤13mA		
	Caída de tensión circuito carga		
	≤0.21V		≤0.24V
	Caída de tensión circuito descarga		
≤0.12V		≤0.1V	
Modo de carga			
PWM Multi-etapas (carga, absorción, flotación, equalización)			
Voltaje Carga Flotación			
13.8V (13V~15V) x1 / x2			
Voltaje Carga Absorción			
14.4V (13V~15V) x1 / x2			
Voltaje Carga Equalización			
14.6V (13V~15.5V) x1 / x2			
Protección Bajo Voltaje (LVD)			
10.8V (10V~14V) x1 / x2			
Reconexión Bajo Voltaje (LVR)			
12.6V (10V~14V) x1 / x2			
Salida USB			
5V 1A			
<b>Características físicas</b>	Sección cableado		
	6mm <sup>2</sup>	10mm <sup>2</sup>	16mm <sup>2</sup>
	Temperatura trabajo		
	-20 ~ +50°C		
Tamaño (L x W x H)			
188 x 95 x 46.5mm			
Peso neto			
355g			

Tipo de batería:

Tipo batería	Voltaje de flotación	Voltaje de absorción	Tiempo de absorción (h)	Voltaje de equalización	Tiempo de equalización (h)	Intervalo entre equalizaciones (días)
GEL	13.8	14.2	2	-	-	-
Sellada (SLD)	13.8	14.4	2	14.6	2	28
Plomo abierto (FLD)	13.8	14.6	2	14.8	2	28
Personalizada (USR)	13.8	14.4	2	14.6	2	28

Modo de carga



Modo de consumo



**ANEXO 4**  
**ACTAS DE REVISORES**



Yo, **Emerson Gabriel Haro Flores**, con C.I **100329282-6**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **RADIOENLACE EN BANDA LIBRE 5GHZ PARA PROVEER DE INTERNET A LAS CABAÑAS DE LAS LAGUNAS DE MOJANDA.**

Elaborado por el Ing. **Francisco Danilo Molina Espinoza**, con C.I **172610832-5**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 10 de septiembre de 2022

**Emerson Gabriel Haro Flores**

**C.I 100329282-6**

**1036-2021-2291964**



Yo, **Cualchi Monteros Willian Mauricio**, con C.I **1716065360**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **RADIOENLACE EN BANDA LIBRE 5GHZ PARA PROVEER DE INTERNET A LAS CABAÑAS DE LAS LAGUNAS DE MOJANDA.**

Elaborado por el **Ing. Francisco Danilo Molina Espinoza**, con C.I **1726108325**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 13 de septiembre de 2022.



Firmado digitalmente por:  
**WILLIAN MAURICIO  
CUALCHI MONTEROS**

**Cualchi Monteros Willian Mauricio**

**C.I: 1716065360**

**Registro SENESCYT : 1042-15-1429092**



Yo, **Roberto Carlos Toscano Noroña**, con C.I 172105956-4, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **RADIOENLACE EN BANDA LIBRE 5GHZ PARA PROVEER DE INTERNET A LAS CABAÑAS DE LAS LAGUNA DE MOJANDA.**

Elaborado por el Ing. **Francisco Danilo Molina Espinoza**, con C.I 172610832-5, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 12 de septiembre de 2022



**Roberto Carlos Toscano Noroña**  
C.I: 1721059564

Registros SENESCYT: 1001-15-1347037; 1022-2022-2475606